Fizika

Umumiy oʻrta taʼlim maktablarining 10-sinfi uchun darslik

Oʻzbekiston Respublikasi Xalq taʼlimi vazirligi
nashrga tavsiya etgan

Toshkent
2022

UO‘K 53(075.3)
КВК 22.3ya72
F 58

F 58 **Fizika 10** [Matn] : 10-sinf uchun darslik/. – Toshkent: Respublika ta’lim markazi, 2022. – 192 b.

ISBN 978-9943-8453-3-6

UO‘K 53(075.3)
КВК 22.3ya72

TUZUVCHILAR:
K. A. Tursunmetov, Sh. N. Usmonov,
J. A. Raxmatov, D. B. Xomidov

TAQRIZCHILAR

B. A. Yuldoshov – Termiz davlat universiteti fizika-matematika fakulteti nazariy fizika kafedrasi o‘qituvchisi.

T. X. Jumayev – Davlat test markazi huzuridagi Ilmiy-o‘quv amaliy markazi bosh mutaxassisi.

A. Xudoyberdiyev – Respublika ta’lim markazi standart va baholash bo‘limi metodisti.

A. J. Umarov – Qashqadaryo viloyati Kitob tumanidagi 5-maktabning oliy toifali fizika fani o‘qituvchisi.

B. T. Turapov – Qashqadaryo viloyati Shahrisabz tumanidagi 6-IDUMIning oliy toifali fizika fani o‘qituvchisi.

M. K. Umarov – Andijon viloyati Shahrixon tumanidagi 46-maktabning oliy toifali fizika fani o‘qituvchisi.

M. A. Askarov – Buxoro viloyati Qorako‘l tumanidagi 10-maktabning birinchi toifali fizika fani o‘qituvchisi.

I. A. Raupov – Buxoro viloyati G‘ijduvon tumanidagi 27-maktabning oliy toifali fizika fani o‘qituvchisi.

Shartli belgilar:

– umumlashtiruvchi savollar.

– mashqlar.

– amaliy topshiriqlar.

– mantiqiy fikrlashga doir topshiriqlar.

– qo‘shimcha topshiriqlar.

Respublika maqsadli kitob jamg‘armasi mablag‘lari hisobidan chop etildi.
Original maket va dizayn konsepsiyasi Respublika ta’lim markazi tomonidan ishlandi.

ISBN 978-9943-8453-3-6

MUNDARIJA

I BOB. DINAMIKA. STATIKA ELEMENTLARI

II BOB. MEXANIK TEBRANISHLAR VA TO‘LQINLAR

III BOB. GIDRODINAMIKA VA AERODINAMIKA

IV BOB. ELEKTROSTATIK MAYDON

V BOB. O‘ZGARMAS TOK QONUNLARI

VI BOB. TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI

VII BOB. MAGNIT MAYDON

KIRISH

Bugungi kunda ilm-fan va texnika jadal rivojlanib, raqamli iqtisodiyot amaliyotga joriy etilmoqda, bilimlar tez yangilanib bormoqda. Jumladan, bugun o‘quvchilar nazariy bilimlari bilangina cheklanib qolmasligiga, ularni amalda qo‘llay olishiga alohida e’tibor qaratilmoqda.

Mutaxassislardan nafaqat bilim, balki izlanuvchanlik, tadqiqotchilik qobiliyatiga ega bo‘lish taqozo etilmoqda. Shu bois o‘quvchilarni o‘quv tadqiqotchilik faoliyatiga jalb qilish va ularda tadqiqotchilik ko‘nikmalarini rivojlantirish dolzarb muammolardan biriga aylandi.

Xususan, fizika fanini o‘qitishda o‘quvchilarda fanga oid zaruriy bilimlarni hosil qilish, fizik bilimlarni amaliyotda qo‘llay olish salohiyatini shakllantirish va rivojlantirish ko‘zda tutiladi.

Umumiy o‘rta ta’lim maktablarida fanlarni o‘qitish jarayonida fan-texnika taraqqiyoti, muhandislik, matematika va kundalik hayot bilan bog‘lab o‘rganish (STEAM yondashuvi) ta’lim-tarbiya jarayonini tashkil etishning dolzarb masalasidir.

STEAM zamon talablari asosida xalqaro miqyosida o‘quvchilarga ta’lim-tarbiya berishda fanlararo bog‘lanish va amaliy yondashuvni kuchaytirishga qaratilgan. Fizika fani 1–6-sinflarda tabiiy fanlar (biologiya, kimyo, fizika, geografiya) fani tarkibida o‘qitiladi. Jumladan, Quyosh, Yer, Oy va uning ahamiyati, ob-havo, yil fasllari, atrofimizdagi narsalar: uy anjomlari, o‘quv anjomlari, oziq-ovqat mahsulotlari, elektr jihozlari va gazdan foydalanish xavfsizlik texnikasi qoidalariga rioya qilish, jism va moddalar, suvning holatlari, termometrdan foydalanish, ob-havoni kundalik kuzatish, kun va tunning, yil fasllarining davriy almashinishini va boshqa tushunchalar shakllantiriladi.

Fizika fani izchil kurs sifatida 7-, 8-, 9-, 10-, 11-sinflarda o‘rganiladi. Jumladan, “Mexanika”, “Molekulyar fizika va termodinamika asoslari”, “Elektrodinamika”, “Optika”, “Atom va yadro fizikasi” bo‘limlari spiralsimon shaklda o‘qitilib, o‘quvchilarning amaliyotda qo‘llash ko‘nikmalari shakllantiriladi.

Mazkur darslik tabiatdagi jarayon va hodisalarni kuzatish, tahlil qilish, fizik hodisalarni o‘rganishda asboblardan to‘g‘ri foydalana

olish, fizik tushuncha va kattaliklarni matematik formulalar bilan ifodalay olish, fan sohasida erishilayotgan yutuqlar, ularning amaliyotdagi tatbiqi orqali o'quvchilarda ilmiy dunyoqarashni rivojlantirishni, kelajakda o'quvchilarni fan va texnologiya yutuqlaridan to'g'ri foydalanishga yo'naltirishni maqsad qilgan. Darslikda "Dinamika. Statika elementlari", "Mexanik tebranishlar va to'lqinlar", "Gidrodinamika", "Elektrostatik maydon", "O'zgarmas tok qonunlari", "Turli muhitlarda elektr toki", "Magnit maydon" bo'limlari o'rganiladi.

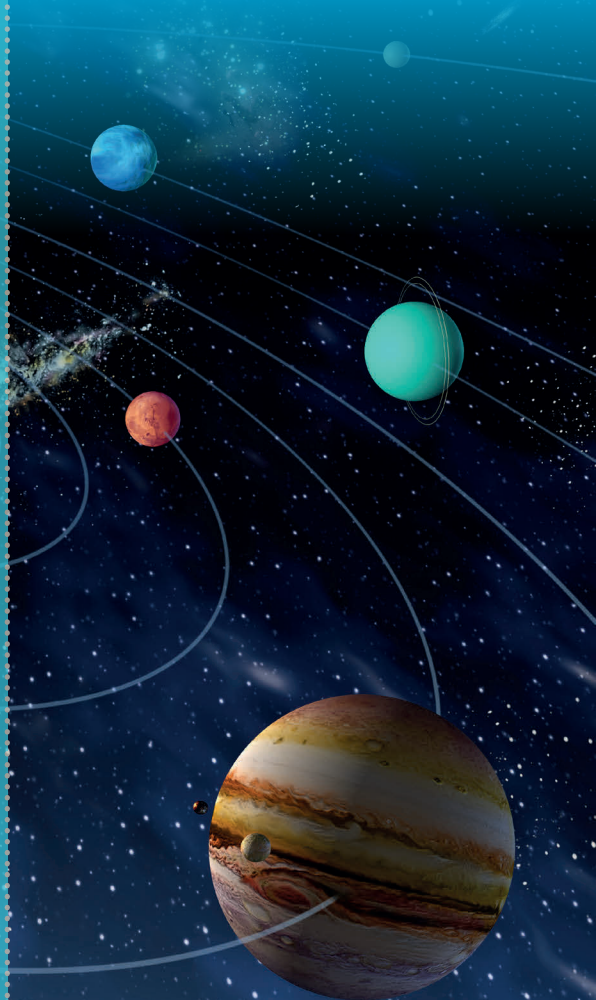
Tabiat haqidagi fanlar ichida texnika taraqqiyoti uchun fizika eng katta ahamiyatga ega, chunki fizika qonunlari texnikada ko'p qo'llanadi. Fizika sohasidagi yangi kashfiyotlar mavjud texnika yaxshilanishiga yoki yangisi yaratilishiga sabab bo'ladi. Texnika taraqqiyoti, o'z navbatida, fanning yanada rivojlanishiga olib keladi.

Darslikda berilgan amaliy tajribalarni bajarish, loyihalashtirishga yo'naltirilgan topshiriqlar, masalalar yechish, mantiqiy savollarga javob berish sizda tabiiy va ijtimoiy muhit holatini tushunish, atrof-muhit va inson muammolarini anglash, ularning yechimini topishda qaror qabul qila olish ko'nikmalari shakllanishiga yordam beradi.

I BOB

DINAMIKA. STATIKA ELEMENTLARI

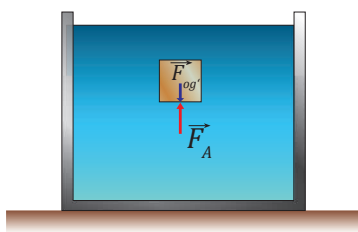
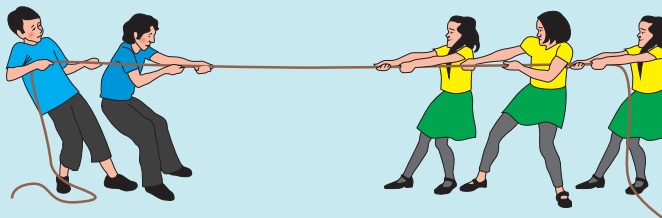
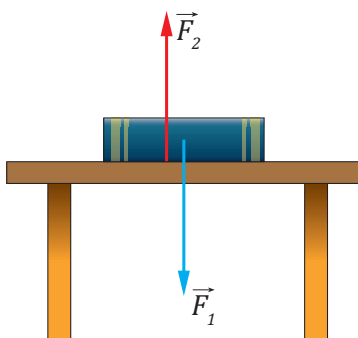
Siz bu bobda quyidagi mavzular bo'yicha ma'lumotlar olasiz:

- kuchlarni qo'shish;
- markazga intilma kuch;
- gravitatsiya maydonidagi harakat;
- jism og'irligining harakat turiga bog'liqligi;
- jismlarning bir nechta kuch ta'siridagi harakati;
- jismning qiya tekislikdagi harakati;
- jismni qiya tekislik bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish. Qiya tekislikning foydali ish koeffitsiyenti;
- massa markazi. Muvozanat turlari. Kuch momenti;
- momentlar qoidasiga asoslanib ishlaydigan oddiy mexanizmlar.

1-MAVZU KUCHLARNI QO'SHISH

Qaysi guruh yutadi?

a) har bir o'g'il bolaning tortish kuchi 300 N dan, har bir qizning tortish kuchi esa o'g'il bolaning tortish kuchidan 50 N ga kam bo'lsa;

b) agar bittadan o'g'il va qiz bolaning o'rni almashtirilsa-chi?

Javobingizni asoslang.

a)

b)

1.1-rasm

1. Muvozanatlashgan kuchlar.
2. Muvozanatlashmagan kuchlar.
3. Teng ta'sir etuvchi kuch va kuchning tashkil etuvchilari.

Tabiatdagi barcha hodisalar fizik qonunlarga bo'ysunadi. Jismlarning bir-biri bilan o'zaro ta'siri, ularning muvozanatda bo'lishi jismga ta'sir etayotgan kuchlarga bog'liq bo'ladi.

1. Muvozanatlashgan kuchlar

To'xtab turgan avtomobil, suvning ichidagi ixtiyoriy nuqtada tinch turgan jism (1.1 *a*-rasm), stol ustidagi buyumlar nima sababdan tinch turadi?

Stol ustida tinch turgan kitobga ikkita kuch ta'sir qiladi (1.1 *b*-rasm). $\vec{F}_1$ – og'irlik kuchi. $\vec{F}_2$ – stol tomonidan jismni yuqoriga ko'tarib turuvchi, ya'ni tayanchning normal reaksiya kuchi. Bu kuchlarning miqdori teng, yo'nalishi esa qarama-qarshi bo'lgani uchun ularning yig'indisi nolga teng bo'ladi. Natijada ular bir-birini *muvozanatlaydi*.

Jismning tinch holatini yoki harakat tezligini o'zgartirmaydigan kuchlar *muvozanatlashgan kuchlar* deyiladi.

Nyutonning I qonuniga asosan:

Jismga qo'shimcha kuchlar ta'sir qilmasa, u o'zining nisbiy tinch holatini saqlaydi yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini davom ettiradi.

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n = 0$ (1) bo'lsa, $\vec{a} = 0$ va $\vec{\upsilon}$ = const bo'ladi.

2. Muvozanatlashmagan kuchlar

Tabiatda tinch turgan yoki o‘zgarmas tezlik bilan tekis harakat qilayotgan jismlardan tashqari tezligi o‘zgaruvchan bo‘lgan jismlarni ham ko‘p uchratamiz. Masalan, suvda cho‘kayotgan jism (1.2 *a*-rasm), joyidan qo‘zg‘alib tezligini oshirayotgan avtomobil yoki tezligini kamaytirib bekatga kirib kelayotgan poyezd va shunga o‘xshash misollarni keltirish mumkin. Yonilg‘isi tugab to‘xtab qolgan avtomobilni joyidan qo‘zg‘atish uchun unga muvozanatdan chiqaruvchi kuch qo‘yish kerak (1.2 *b*-rasm).

a)

b)

1.2-rasm

Jism tezligining o‘zgarishiga sabab bo‘ladigan kuchlar *muvozanatlashmagan kuchlar* deyiladi.

3. Teng ta’sir etuvchi kuch va kuchning tashkil etuvchilari

Tabiatda jismning faqat bitta kuch ta’siri ostidagi harakatini deyarli uchratmaymiz. Ko‘p hollarda jismga bir vaqtning o‘zida bir nechta kuchlar ta’sir qiladi. Bu kuchlarning jismga ta’sirini tavsiflash uchun kuchlarning teng ta’sir etuvchisi (natijaviy kuch) degan kattalik kiritilgan (1.3-rasm). $\vec{F}_x = |x_2 - x_1|$ $\vec{F}_y = |y_2 - y_1|$

Jismga ta’sir qiluvchi kuchlarning vektor yig‘indisi shu kuchlarning *teng ta’sir etuvchisi* deyiladi.

Agar jismga bir vaqtning o‘zida bir nechta kuch ta’sir qilayotgan bo‘lsa, jismning harakati bu kuchlarning yo‘nalishi va moduliga bog‘liq ravishda o‘zgaradi. Shu sababli kuchlarning teng ta’sir etuvchisini aniqlashda ularning yo‘nalishi va moduli e’tiborga olinadi. Teng ta’sir etuvchi kuch quyidagicha topiladi:

1.3-rasm

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n \qquad (2)$$

Bu yerda $\vec{F}_1$; $\vec{F}_2$ ... $\vec{F}_n$ tashkil etuvchi kuchlar deyiladi.

Jismga ikkita $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlar ta’sir etayotgan bo‘lsin:

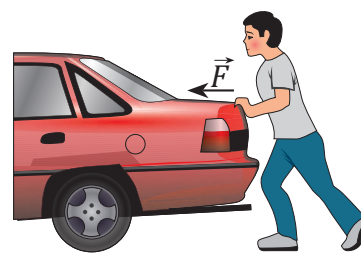
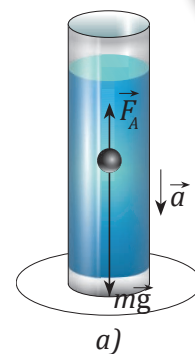
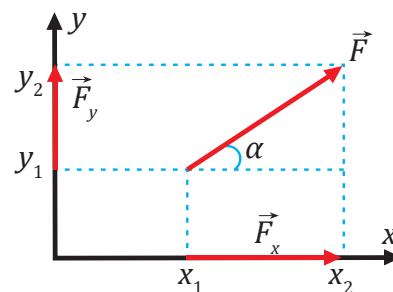
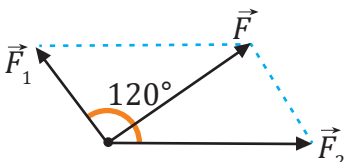
Umumiy holda natijaviy kuch $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2cos\alpha}$ (3) formula bilan topiladi.

Bu yerda $F_1 = |\vec{F}_1|$, $F_2 = |\vec{F}_2|$, $\alpha -$ $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ orasidagi burchak.

α ning ayrim xususiy qiymatlari uchun formula soddalashadi:

1) α = 0°; kuchlar bir yo‘nalishda bo‘lsa, $F = F_1 + F_2$

2) $\alpha = \frac{\pi}{2}$ kuchlar o‘zaro tik yo‘nalgan bo‘lsa, $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

3) $\alpha = \pi$; kuchlar o‘zaro qarama-qarshi yo‘nalgan bo‘lsa, $F = |F_1 - F_2|$

1. Nyutonning I qonunini muvozanatlashgan kuchlar orqali ifodalasa bo‘ladimi?

2. Parashyutchi to‘g‘ri chiziqli tekis harakatlanib tushmoqda. Ushbu harakatda qaysi kuchlar muvozanatlashgan bo‘ladi?

3. Muvozanatlashgan va muvozanatlashmagan kuchlar bir-biridan qanday farq qiladi?

4. Dvigateli o‘chirilgan avtomobil gorizontal yo‘lda tekis harakatlana oladimi? Javobingizni izohlang.

Masala yechish namunasi

Orasidagi burchak 120° ga, har birining moduli 5 N ga teng bo‘lgan ikki kuch jismning bir nuqtasiga qo‘yilgan. Bu kuchlarning teng ta’sir etuvchisini toping.

Berilgan:	**Formula:**	**Hisoblash:**
$\alpha = 120°$ $F_1 = F_2 = 5$ N	$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 cos\alpha}$ $\vec{F}_1$, $\vec{F}$, 120°, $\vec{F}_2$	$F = \sqrt{5^2 + 5^2 + 2\cdot 5\cdot 5\cos 120°} = 5$ N
$F = ?$		**Javob:** $F = 5$ N.

1-mashq

1. Arqon tortish musobaqasida 4 ta sportchi ishtirok etyapti. Ulardan ikkitasi mos ravishda 250 N va 300 N kuch bilan o‘ng tomonga, qolgan ikkitasi mos ravishda 100 N va 350 N kuch bilan chap tomonga tortayotgan bo‘lsa, teng ta’sir etuvchi kuchning modulini va yo‘nalishini toping.

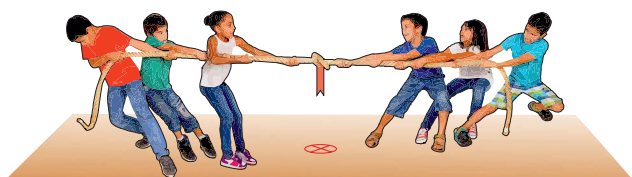
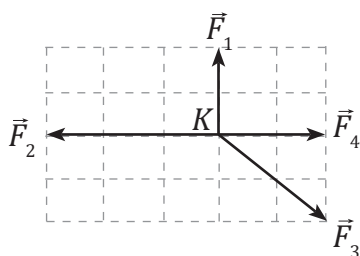
2. Qiymatlari 30 N va 40 N bo‘lgan kuchlarning teng ta’sir etuvchisi 50 N bo‘lishi uchun ular o‘zaro qanday yo‘nalishda bo‘lishi kerak?

3. Massasi 60 va 80 kg bo‘lgan ikki konkichi bir-biridan 24 N kuch bilan itarilsa, ularning tezlanishlarini toping.

4. *K* nuqtada turgan jismga rasmda ko‘rsatilgandek kuchlar ta’sir etmoqda. Jism qaysi yo‘nalishda harakatlanadi?

5. Quyidagi rasmga qarab muvozanatlashgan yoki muvozanatlashmagan kuchlar ta’sir etayotganini aniqlang va javobingizni asoslang.

MARKAZGA INTILMA KUCH

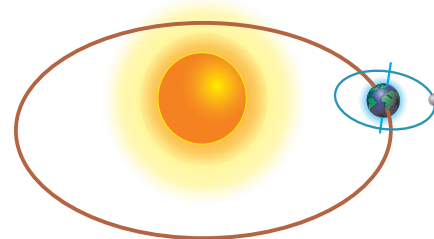
2-MAVZU

1. Aylana bo‘ylab harakatda kuchlar.
2. Ipga mahkamlangan shar harakati. Markazdan qochma kuch.
3. Turmushda va texnikada markazga intilma hamda markazdan qochma kuchlar.

Yo‘lning keskin burilish qismida haydovchi avtomobil tezligini kamaytirishga majbur bo‘ladi. Sababini tushuntiring.

1. Aylana bo‘ylab harakatda kuchlar

Nima uchun Oy Yer atrofida aylana bo‘ylab harakat qiladi va uzoqlashib ketmaydi (1.4-rasm)?

1.4-rasm

Nyutonning ikkinchi qonuniga ko‘ra, jism tashqi kuch ta’sirida tezlanish bilan harakat qiladi. *R* radiusli aylana bo‘ylab *υ* tezlik bilan harakat qilayotgan har qanday jism aylana markaziga yo‘nalgan tezlanishga ega bo‘ladi.

Ya’ni:
$$a_{m.i} = \frac{\upsilon^2}{R} \qquad (1)$$

Bu tezlanishni ham tashqi kuchlar vujudga keltiradi. Bu yerda tashqi kuch markazga intilma kuchdir. Markazga intilma kuch alohida bir turdagi kuch emasligini tushunish juda muhim. U faqat jismni aylanma harakatga keltiruvchi natijaviy kuchdir.

Markazga intilma kuchga:

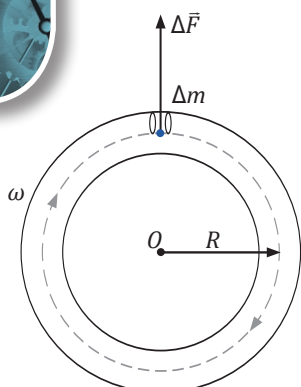
– ipga mahkamlangan jismning aylana bo‘ylab harakatida ipning taranglik kuchini;

– yo‘lning aylanish qismida harakatlanishda avtomobillarning burilishiga sabab bo‘ladigan kuchni misol qilib keltirishimiz mumkin.

Markazga intilma kuch ($F_{m.i}$) ga nisbatan Nyutonning II qonunini qo‘llaymiz:

$$a_{m.i} = \frac{F_{m.i}}{m} \qquad (2)$$

(1) va (2) formulalardan
$$F_{m.i} = \frac{m \cdot \upsilon^2}{R} \qquad (3)$$

formulani hosil qilamiz.

1.5-rasm

Aylana bo'ylab harakatda jismning chiziqli tezligi $\upsilon = \omega R$ ekanligidan markazga intilma kuchni quyidagicha ham ifodalashimiz mumkin (1.5-rasm): $F_{m.i} = m\omega^2 R$ (4).

Aylana bo'ylab tekis harakatni bir nechta kuchlar yuzaga keltirishi ham mumkin, lekin ularning vektor yig'indisi radius bo'ylab markazga yo'nalgan bo'ladi. Yuqoridagi mulohazalardan kelib chiqib, markazga intilma kuchga quyidagicha ta'rif beriladi:

Markazga intilma kuch **– jismning chiziqli tezlik vektoriga tik yo'nalgan bo'lib, uni aylanma harakatga keltiruvchi kuchdir.**

Markazga intilma kuch chiziqli tezlik vektorining yo'nalishini o'zgartiradi, ammo uning modulini o'zgartirmaydi.

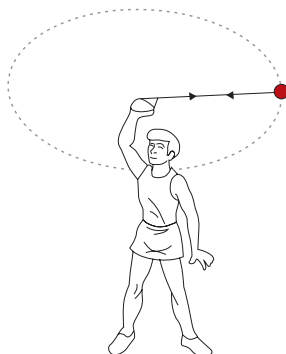
a)

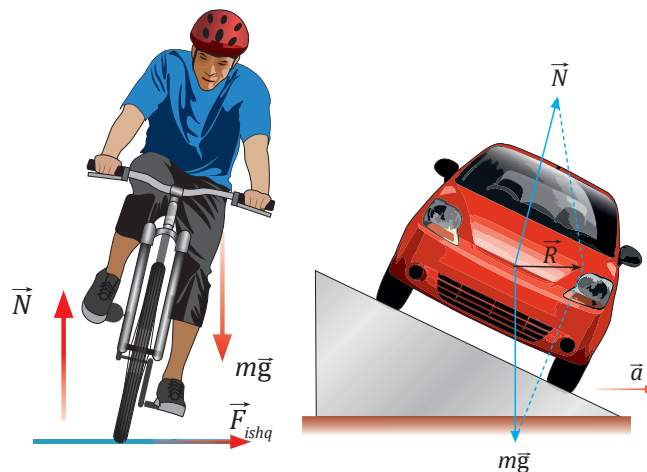
b)

1.6-rasm

2. Ipga mahkamlangan sharning aylana bo'ylab harakati. Markazdan qochma kuch

Ipga bog'langan sharning aylana bo'ylab harakatida ham markazga intilma kuch mavjud (1.6 *a*-rasm). Bu kuch ipning uzunligi bo'ylab aylana markaziga yo'nalgan bo'ladi. 1.6 *b*-rasmda ip sharga qanday kuch bilan ta'sir ko'rsatsa, Nyutonning III qonuniga asosan, shar ham ipga shu kuchga modul jihatidan teng, yo'nalishi qarama-qarshi bo'lgan kuch bilan ta'sir qiladi. Bu kuch *markazdan qochma kuch* ($F_{m.q}$) deyiladi. U radius bo'ylab aylana markazidan shar tomon yo'nalgan bo'ladi va ip orqali qo'lga ta'sir qiladi.

$$F_{m.q} = \frac{m \cdot \upsilon^2}{R} \quad \text{yoki} \quad F_{m.q} = m\omega^2 R \qquad (5)$$

3. Turmushda va texnikada markazga intilma hamda markazdan qochma kuchlar

Markazdan qochma kuch jismlarning aylanma harakatida hamda yo'lning keskin burilish qismlarida namoyon bo'ladi (1.7-rasm).

1.7-rasm

1. Suv solingan usti ochiq idish ipga bog'lab vertikal tekislikda aylantirilganda suv to'kilmadi. Bu hodisaga sabab nima? Javobingizni izohlang.

2. Markazga intilma kuchga tabiatdan misollar keltiring.

3. Markazdan qochma kuchlardan turmush va texnikada qayerlarda foydalaniladi?

Masala yechish namunasi

Massasi 1 t bo'lgan avtomobil radiusi 100 m bo'lgan aylana bo'ylab o'zgarmas 20 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Avtomobilga ta'sir qilayotgan markazga intilma kuchni toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$m = 1\ \text{t} = 1\cdot10^3\ \text{kg}$ $R = 100\ \text{m}$ $\upsilon = 20\ \text{m/s}$ $F_{m.i} = ?$	$F_{mi} = \dfrac{m\upsilon^2}{R}$	$F_{m.i} = \dfrac{1\cdot10^3\ \text{kg}\cdot\left(20\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{100\ \text{m}} = 4\cdot10^3\ \text{N} = 4\ \text{kN}$ **Javob:** $F_{m.i} = 4\ \text{kN}$.

2-mashq

1. Ipga bog'langan jism aylana bo'ylab tekis harakatlanmoqda. Agar aylana radiusi 4 marta oshirilsa, markazdan qochma kuch qanday o'zgaradi?

2. Aylana bo'ylab harakat qilayotgan jismning tezligi 2 marta ortsa, markazga intilma kuch qanday o'zgaradi?

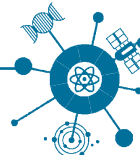
3. Massasi 3 kg bo'lgan jism 2 rad/s burchak tezlik bilan aylanmoqda. Bunda markazdan qochma kuch 36 N ga teng bo'lsa, aylanish radiusini toping.

4. Massasi 12 kg bo'lgan jism radiusi 0,6 m bo'lgan aylana bo'ylab 2 Hz chastota bilan aylanmoqda. Jismga ta'sir etuvchi markazga intilma kuchni toping.

5. Agar massasi 24 t bo'lgan tramvay vagoni radiusi 100 m bo'lgan burilishda 18 km/h tezlik bilan harakatlansa, u relslarga gorizontal yo'nalishda qanday kuch bilan ta'sir etadi? Harakat tezligi ikki marta ortsa, bu kuch necha marta o'zgaradi?

Qo'shimcha topshiriqlar

1. Poyezd yo'lning burilish qismida qaysi tomonga biroz og'ishi kerak? Nima sababdan?

2. Kulol loydan xumcha yasamoqda. U xumchaning qaysi qismida markazga intilma, qaysi qismida markazdan qochma kuchdan foydalanadi?

3-MAVZU GRAVITATSIYA MAYDONIDAGI HARAKAT

1. Tortishish maydoni.
2. Kosmik tezliklar.

Atrofdagi jismlarning Yerga tortilishini kuzatish oson bo‘lsa-da, biz jismlarning bir-biriga tortilishini sezmaymiz, nima uchun?

1. Tortishish maydoni

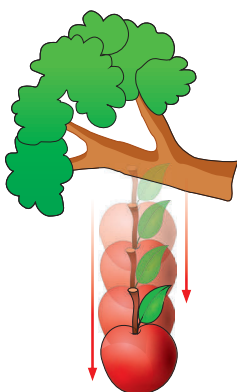
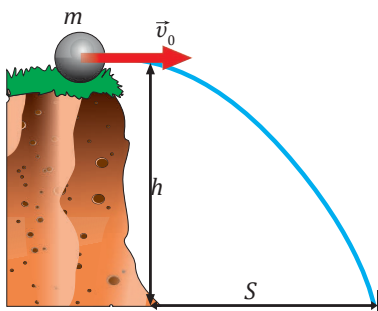
Odatda jismlar nega Yerga qaytib tushadi (1.8-rasm)? Yerning tabiiy yo‘ldoshi Oy nega Yerdan uzoqlashib ketmaydi?

Yer jismlarni o‘ziga tortishi haqida Galileo Galiley, Isaak Nyuton, Genri Kavendish kabi olimlar ko‘plab ilmiy tadqiqot ishlarini olib borgan. Atrofimizdagi barcha jismlarning harakatiga Yerning tortishish kuchi o‘z ta’sirini ko‘rsatadi. Butun olam tortishish qonuniga asosan, jismlarga Yerning tortishish $F = G\dfrac{mM}{r^2}$ kuchi ta’sir qilib turadi.

1.8-rasm

Bu yerda *m* – jismning massasi, *M* – Yerning massasi; *r* – jism va Yer markazlari orasidagi masofa.

Biror jismni Yer sirtidan tik yuqoriga otsak, ma’lum balandlikka ko‘tarilib, qaytib otilgan joyiga tushadi. Agar jism ma’lum balandlikdan gorizontal yoki gorizontga qiya otilsa, otilish nuqtasidan ma’lum bir masofaga borib tushadi.

Masalan, jism $h = 20$ m balandlikdan υ_0=6 m/s boshlang‘ich tezlik bilan gorizontal otilsa, u gorizontal yo‘nalishda biror masofaga borib tushadi (1.9-rasm). Jismga faqat og‘irlik kuchi ta’sir qilgani uchun gorizontal yo‘nalishda jism tekis harakat qiladi va uchish uzoqligini S= $\upsilon_0 \cdot t$ formula bo‘yicha topamiz. Bunda $t = \sqrt{\dfrac{2h}{g}}$ jismning uchish vaqti. Demak, jismning uchish uzoqligi $S = \upsilon_0 \cdot \sqrt{\dfrac{2h}{g}} \approx 12{,}1$ m ga teng bo‘ladi. Agar jismning boshlang‘ich tezligini oshirib borsak, uchish uzoqligi ham ortib boradi.

1.9-rasm

2. Kosmik tezliklar

Yer sun'iy yo'ldoshlarining harakati Yerning tortish maydonidagi harakatga misol bo'la oladi. Agar yuqoridagi masalada ko'rganimiz kabi ma'lum balandlikdan gorizontal yo'nalishda otilayotgan jismning boshlang'ich tezligini oshirib borsak, uning uchish uzoqligi ham ortib boradi. Boshlang'ich tezlikning ma'lum bir qiymatiga erishganida jism Yer atrofida aylanma orbita bo'ylab harakat qiladi. Natijada jism Yerning sun'iy yo'ldoshi bo'lib qoladi (1.10 *a*-rasm). Buning uchun jismni avval Yer sirtidan kerakli balandlikka olib chiqish va unga gorizontal yo'nalishda yetarli tezlik berish kerak. Bu vazifani eltuvchi raketalar bajaradi. Eltuvchi raketalar maxsus kosmodromlarda vertikal yo'nalishda harakatga keltiriladi. 300–400 km balandlikda havoning qarshilik kuchi deyarli sezilmaydi (1.10 *b*-rasm).

a)

b)
1.10-rasm

Jismning Yer sirti yaqinida aylana trayektoriya bo'ylab harakatlanishi uchun zarur bo'lgan minimal tezlik *birinchi kosmik tezlik* deyiladi.

Jism Yer sirtiga yaqin masofada Yerning tortish maydonida aylana trayektoriya bo'ylab harakatlanganda jismga ta'sir etuvchi markazga intilma kuch Yerning tortishish kuchidan iborat bo'ladi. Ya'ni:

$\frac{m\upsilon^2}{R} = G\frac{Mm}{R^2}$ bundan $\upsilon_1 = \sqrt{G\frac{M}{R}}$ (1) ekanligini aniqlaymiz.

$g = \frac{GM}{R^2}$ bo'lgani uchun (1) formulani $\upsilon_1 = \sqrt{gR}$ ko'rinishda ifodalash mumkin.

Yerning radiusi R = 6370 km, g = 9,81 m/s^2 ekanligini inobatga olib, birinchi kosmik tezlikning son qiymatini hisoblaymiz:

$$\upsilon_I = \sqrt{gR} = \sqrt{9,81 \cdot 6370000} \approx 7,9\ \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Shunday tezlik bilan harakatlanadigan Yerning sun'iy yo'ldoshi Yer atrofini 84 minut 12 s da bir marta to'liq aylanib chiqadi.

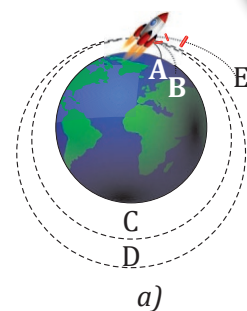
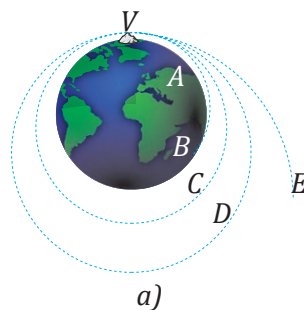
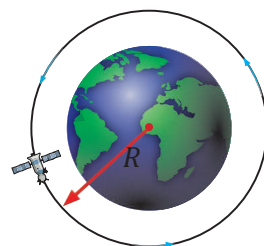
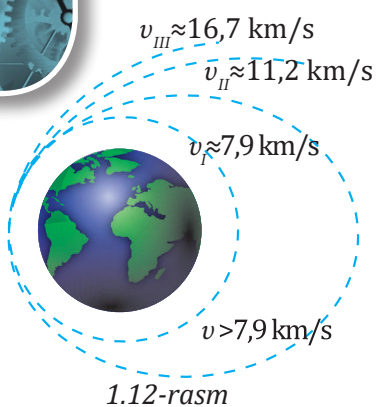
a)

Yer atrofida harakatlanayotgan jism tezligining son qiymatiga qarab, uning harakat trayektoriyasi har xil ko'rinishga ega bo'ladi (1.11 *a*-rasm). Agar jismning boshlang'ich tezligi υ_0<7,9 km/s bo'lsa, harakat trayektoriyasi paraboladan iborat bo'ladi va jism Yerga qaytib tushadi. Agar jismga yetarlicha katta, ya'ni $\upsilon_0 = \upsilon_I \approx$ 7,9 km/s tezlik berilsa, jism Yerning atrofida aylana trayektoriya bo'ylab harakatlanadi va uning sun'iy yo'ldoshiga aylanadi (1.11 *b*-rasm).

b)
1.11-rasm

Ikkinchi va uchinchi kosmik tezliklar

Quyosh sistemasidagi boshqa sayyoralarni tadqiq etish uchun jismga birinchi kosmik tezlikdan ham kattaroq tezlik berish zarur. Bu tezlikka ikkinchi kosmik tezlik deb nom berilgan.

Ikkinchi kosmik tezlik birinchi kosmik tezlikdan $\sqrt{2}$ marta katta bo'ladi. Ya'ni: $\upsilon_{II} = \sqrt{2}\upsilon_I = \sqrt{2gR} \approx 11,2\ \frac{\text{km}}{\text{s}}$ ga teng.

1.12-rasm

Jism Yerning tortish kuchini yengib, Quyoshning sun'iy yo'ldoshi bo'lib qolishi uchun zarur bo'lgan minimal tezlik *ikkinchi kosmik tezlik* deyiladi.

Kosmik kema Quyosh sistemasidan chiqib, uzoq koinotni tadqiq qilish uchun galaktika bo'ylab harakatlanishi kerak. Quyoshning tortishish kuchini yengib, Quyosh sistemasini tark etishi uchun kosmik kemaga uchinchi kosmik tezlik berish kerak. Hisob-kitoblarga ko'ra, uchinchi kosmik tezlikning son qiymati υ_{III}≈16,7 km/s ga teng bo'ladi (1.12-rasm).

?

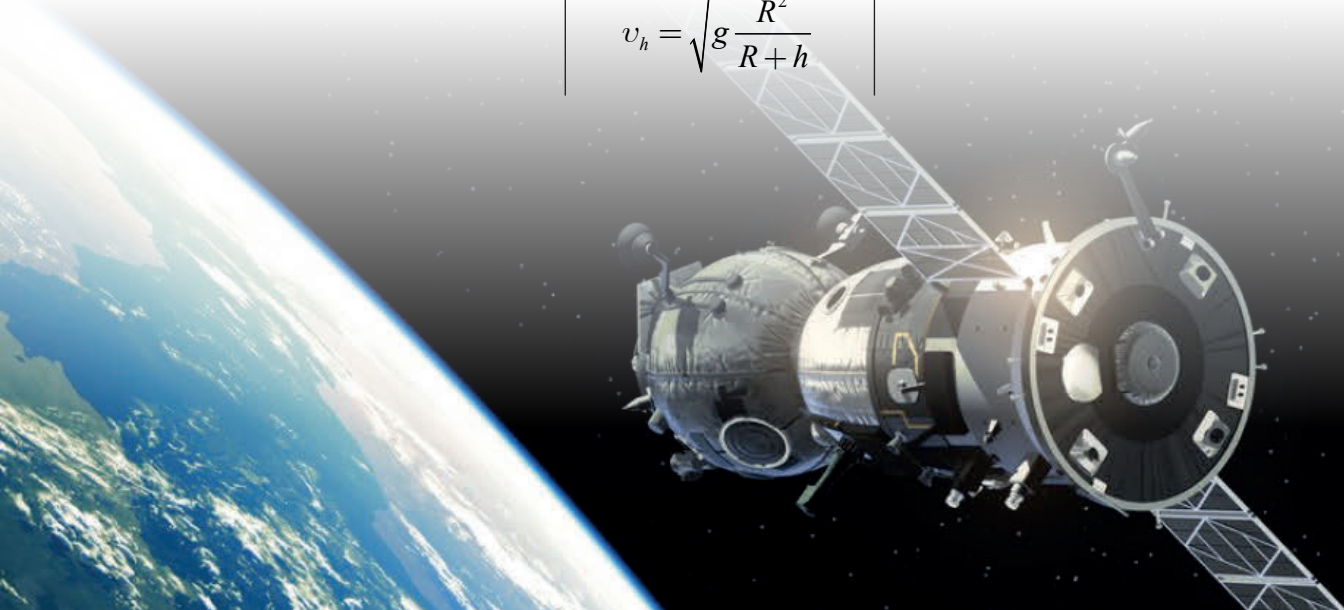
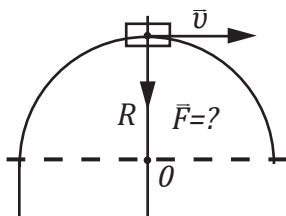
1. Havoning qarshilik kuchi qanday balandlikda deyarli sezilmaydi?

2. Jismlar tegishli kosmik tezliklar bilan harakat qilsa, ularning harakat trayektoriyasi qanday bo'ladi?

3. Nega kosmik tezliklar bir-biridan farq qiladi?

Masala yechish namunasi

Sun'iy yo'ldosh Yerdan h = 1600 km balandlikda ekvator tekisligida joylashgan aylana orbita bo'ylab uchishi uchun Yerga nisbatan qanday υ_h tezlikka ega bo'lishi kerak? Yer radiusi R = 6400 km, Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi g_0 = 9,8 m/s² deb olinsin.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
R = 6400 km = $64\cdot10^5$ m h = 1600 km = $16\cdot10^5$ m g_0 = 9,8 m/s² $G=6{,}67\cdot10^{-11}\ \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$ υ_h = ?	$F=G\frac{mM}{(R+h)^2}$; $F_{m.i.}=\frac{m\upsilon_h^2}{(R+h)}$ $G\frac{mM}{(R+h)^2}=\frac{m\upsilon_h^2}{(R+h)}$ $\upsilon_h=\sqrt{G\frac{M}{R+h}}$; $\upsilon_h=\sqrt{g\frac{R^2}{R+h}}$	$\upsilon_h=\sqrt{9{,}8\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot\frac{(64\cdot10^5\ \text{m})^2}{(64\cdot10^5+16\cdot10^5)\ \text{m}}}\approx 7\ \frac{\text{km}}{\text{s}}$ **Javob:** υ_h≈ 7 km/s.

MASALALAR YECHISH

Masala yechish namunalari

1. Agar massasi 4 t bo‘lgan avtomobil radiusi 10 m bo‘lgan burilishda 36 km/h tezlik bilan harakatlansa, u asfaltga gorizontal yo‘nalishda necha nyuton kuch bilan ta’sir qiladi? Agar harakat tezligi ikki marta ortsa, bu kuch necha marta o‘zgaradi (1.13-rasm)?

1.13-rasm

Berilgan:	**Formula:**	**Hisoblash:**
$\upsilon_1 = 36$ km/h = 10 m/s $m = 4$ t = $4 \cdot 10^3$ kg $R = 10$ m $\upsilon_2 = 2\,\upsilon_1$	$F_1 = \dfrac{m\,\upsilon_1^2}{R}$ $F_2 = \dfrac{m\,\upsilon_2^2}{R}$	$F_1 = \dfrac{4 \cdot 10^3 \text{ kg } (10 \text{ m/s})^2}{10 \text{ m}} = 40 \cdot 10^3 \text{ N}$ $F_2 = \dfrac{4 \cdot 10^3 \text{ kg } (20 \text{ m/s})^2}{10 \text{ m}} = 160 \cdot 10^3 \text{ N}$
$F_1 = ?$ $\dfrac{F_2}{F_1} = ?$	$\vec{\upsilon}$, R, $\vec{F}=?$, 0	$\dfrac{F_2}{F_1} = 4$ **Javob:** $F_1 = 40$ kN; $\dfrac{F_2}{F_1} = 4$.

2. Yer o‘rtacha 30 km/s tezlik bilan orbita bo‘ylab harakat qiladi. Yer orbitasining radiusi $1{,}5 \cdot 10^8$ km ekanligidan foydalanib Quyoshning massasini toping (1.14-rasm).

1.14-rasm

Berilgan:	**Formula:**	**Hisoblash:**
$\upsilon = 30$ km/s = $3 \cdot 10^4$ m/s $R = 1{,}5 \cdot 10^8$ km = $1{,}5 \cdot 10^{11}$ m $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg²	$F = G\dfrac{Mm}{R^2}$; $F = ma$ $a = \dfrac{\upsilon^2}{R}$; $M = \dfrac{R\upsilon^2}{G}$	$M = \dfrac{1{,}5 \cdot 10^{11} \text{m} \cdot (3 \cdot 10^4 \text{m/s})^2}{6{,}67 \cdot 10^{-11} \dfrac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{kg}$
$M = ?$		**Javob:** $M \approx 2 \cdot 10^{30}$ kg.

3-mashq

1. Har biri 4 N dan bo‘lgan va bir tekislikda yotgan uchta kuchning teng ta’sir etuvchisining moduli va yo‘nalishini toping. Birinchi va ikkinchi hamda ikkinchi va uchinchi kuchlar orasidagi burchaklar 60° ga teng.

2. OX o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan 6 N kuch ta’sir etayotgan jismning harakat tenglamasi $x = 5+2t + 3t^2$ (m) ko‘rinishda bo‘lsa, jismning massasini toping.

3. Massasi 1 t bo‘lgan avtomobil radiusi 100 m bo‘lgan egri yo‘lda harakatlanmoqda. Avtomobilning tezligi: a) 18 km/h; b) 36 km/h bo‘lgan hollarda avtomobilga ta’sir etuvchi markazga intilma kuchni toping.

4. Massasi 40 kg va 50 kg bo‘lgan ikkita bola muz ustida konkida turibdi. Birinchi bola ikkinchisini 10 N kuch bilan itaradi. Bunda bolalar qanday tezlanishga ega bo‘ladi?

5. Saturn sayyorasining radiusi 60000 km, undagi erkin tushish tezlanishi esa 11,44 m/s^2 ga teng. Shu sayyora uchun birinchi kosmik tezlikni toping.

6. Massasi Yerning massasidan 4 marta katta, radiusi esa Yer radiusiga teng bo‘lgan sayyora uchun birinchi kosmik tezlikni toping.

7. Sun’iy yo‘ldosh orbitasining radiusi 4 marta kamaysa, uning doiraviy orbita bo‘ylab aylanish davri qanday o‘zgaradi?

8. Sayyoraning radiusi 13500 km, erkin tushish tezlanishi esa 6 m/s^2 bo‘lsa, shu sayyora uchun birinchi kosmik tezlik nimaga teng?

9. Yer sirtidan uch yer radiusiga teng balandlikda birinchi kosmik tezlik nimaga teng?

Qo‘shimcha topshiriq

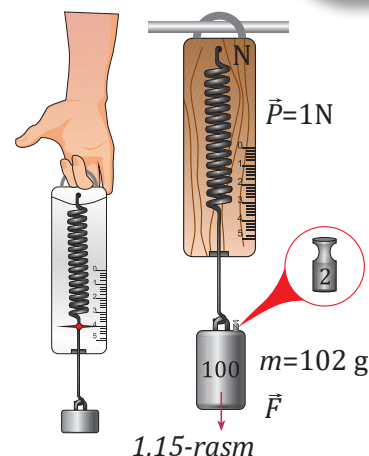
1. Rasmlardagi avto-moto transportlarning harakatida qanday bog‘liqlik bor?

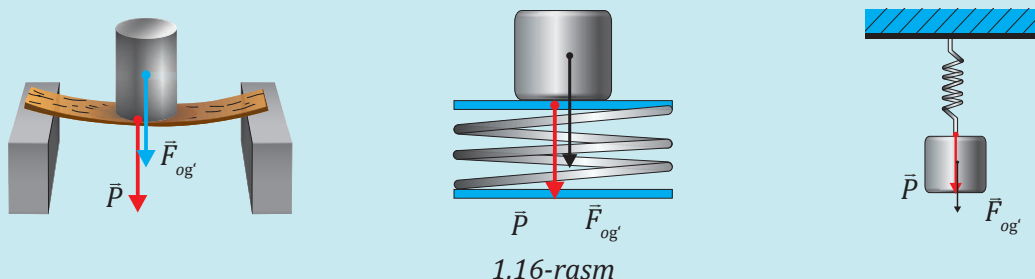
JISM OG‘IRLIGINING HARAKAT TURIGA BOG‘LIQLIGI

1. Jism og‘irligi.
2. Jismning qavariq sirtdagi harakati.
3. Jismning botiq sirtdagi harakati (Nesterov halqasi).
4. Vaznsizlik.

1. Jism og‘irligi

Kundalik turmushda jism og‘irligi atamasidan ko‘p foydalanamiz. Odatda tarozida jismlarning massasi o‘lchanadi. Jismning og‘irligi dinamometrda o‘lchanadi (1.15-rasm). Jism og‘irligi unga Yerning tortish kuchi ta’siri hamda uning harakat turi tufayli vujudga keladi. Shu sababli jism og‘irligi uning harakat turiga bog‘liq bo‘ladi (1.16-rasm).

1.15-rasm

Jismning tayanchga yoki osmaga ko‘rsatadigan ta’siri *jismning og‘irligi* deyiladi.

1.16-rasm

Tayanchda turgan yoki osmaga osilgan jismning og‘irligi ($\vec{P}$) jism tinch turganda og‘irlik kuchi ($\vec{F}_{og'}$) ga teng bo‘ladi (1.17–1.18-rasmlar).

$$\vec{P} = m\vec{g} \qquad (1)$$

Ya’ni: og‘irlik kuchi har doim jismning o‘ziga ta’sir qiladi.

1.17-rasm

Jism og‘irligi va og‘irlik kuchining farqi bu kuchlarning turli xil jismlarga qo‘yilganligida.

Umumiy holda jism og‘irligi formulasi. $\vec{P}=m(\vec{g}-\vec{a})$ bu formula skalyar ko‘rinishda

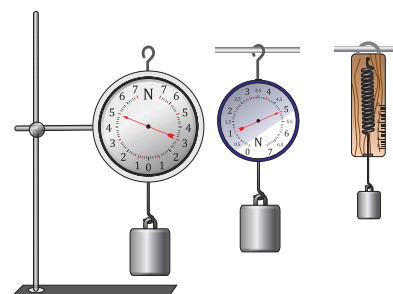
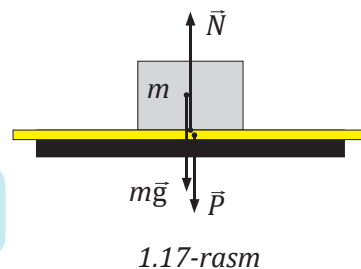
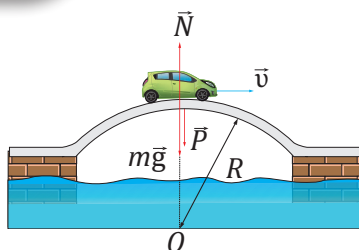
$$P = m\sqrt{g^2 + a^2 - 2ga\cos\alpha} \quad (2)$$ orqali ifodalanadi

α – $\vec{g}$ va $\vec{a}$ orasidagi burchak.

α ning ayrim xususiy qiymatlari uchun (2) ifodani sodda ko‘rinishga keltiramiz.

1) $\alpha = 0^\circ$ ($\cos\alpha = 1$) bo‘lsa, $P = m(g-a)$ pastga tekis tezlanuvchan yoki yuqoriga tekis sekinlanuvchan harakatda.

2) $\alpha = 90^\circ$ ($\cos\alpha = 0$) bo‘lsa, $P = m\sqrt{g^2 + a^2}$ gorizontal ravishda a tezlanish bilan harakatda.

3) $\alpha = 180^\circ$ ($\cos\alpha = -1$) bo‘lsa, $P = m(g + a)$ yuqoriga tekis tezlanuvchan yoki pastga tekis sekinlanuvchan harakatda.

1.18-rasm

2. Jismning qavariq sirtdagi harakati

1.19-rasm

Qavariq ko‘prik ustida υ tezlik bilan tekis harakatlanayotgan avtomobil ko‘prikning eng yuqorisida R radiusli aylananing bir qismi bo‘ylab harakatlanadi. Ko‘prikning yuqori nuqtasida avtomobilning markazga intilma tezlanishi $a=\frac{\upsilon^2}{R}$ vertikal bo‘ylab pastga yo‘naladi. Avtomobilga bu tezlanishni unga ta’sir etuvchi og‘irlik kuchi ($\vec{F}_{og'}= m\vec{g}$) va ko‘prikning normal reaksiya kuchi ($\vec{N}$) ning teng ta’sir etuvchisi beradi. 1.19-rasmga asosan, $F_{og'}$ va N kuchlarning yo‘nalishi qarama-qarshi bo‘lganligi sababli teng ta’sir etuvchi kuch ularning ayirmasiga teng bo‘ladi.

$$F = mg - N.$$

$$ma = mg - N \qquad (3)$$

Nyutonning III qonuniga asosan, avtomobilning $\vec{P}$ og‘irligi ko‘prikning $\vec{N}$ reaksiya kuchiga modul jihatidan teng bo‘ladi:

$$P = -N; \quad P = mg - ma = m\left(g - \frac{\upsilon^2}{R}\right) \qquad (4)$$

Demak, ko‘prikning yuqori nuqtasida avtomobil va uning ichidagi odamlarning og‘irligi kamayadi, ya’ni $P < mg$.

3. Jismning botiq sirtdagi harakati (Nesterov halqasi)

1.20-rasm

Vertikal tekislikda egri chiziqli trayektoriya bo‘ylab harakatlanayotgan samolyot ichidagi uchuvchining og‘irligi o‘zgaradi. Trayektoriyaning quyi qismida samolyot harakatini aylananing bir qismi bo‘ylab harakat deb qarash mumkin. Bu qismda uchuvchining markazga intilma tezlanishi vertikal yuqoriga yo‘nalgan bo‘ladi. Samolyotning bunday trayektoriya bo‘yicha harakati “Nesterov halqasi” deb ataladi.

1.20-rasmga ko‘ra, uchuvchiga ta’sir etuvchi $m\vec{g}$ va $\vec{N}$ kuchlarning yo‘nalishlari qarama-qarshi bo‘lganligi sababli teng ta’sir etuvchi kuch ularning ayirmasiga teng bo‘ladi.

Ya’ni:

$$F = N - mg.$$

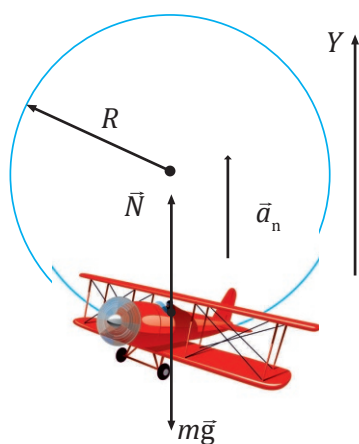
Nyutonning II qonuniga asosan:

$$ma = N - mg \qquad (5)$$

Bu holda ham uchuvchining og‘irligi modul bo‘yicha reaksiya kuchiga teng bo‘ladi, $\vec{P} = -\vec{N}$.

$$P = mg + ma = m\left(g + \frac{\upsilon^2}{R}\right) \qquad (6)$$

ya’ni $P > mg$. Jism botiq sirt bo‘ylab harakatlanganda (6) formulaga asosan trayektoriyaning eng quyi nuqtasida uning og‘irligi $m\frac{\upsilon^2}{R}$ ga ortadi. Natijada jism ***yuklanish*** oladi. Ortiqcha yuklanishda uchuvchi tanasida og‘riq sezadi. Jism oladigan yuklanish uning harakati davomidagi og‘irligining tinch holdagi og‘irligiga nisbati orqali aniqlanadi:

$$n = \frac{mg + ma}{mg} = 1 + \frac{a}{g}$$

4. Vaznsizlik

Faqat gravitatsiya kuchi ta'sirida erkin harakat qilayotgan har qanday jism vaznsizlik holatida bo'ladi (1.21-rasm).

Jismning tayanchga yoki osmaga ko'rsatadigan ta'sir kuchi nolga teng bo'lsa, ya'ni og'irligi yo'qoladigan holati ham vaznsizlik holatidir. $P = mg - ma = 0$ N.

1. Agar jism gorizontal yo'nalishda tezlanish bilan harakat qilsa, uning og'irligi qanday o'zgaradi?

2. Agar jism botiq sirt bo'ylab harakatlanayotgan bo'lsa, uning og'irligi qanday o'zgaradi?

3. Kosmik kemani orbitaga eltib qo'yuvchi raketa uchirilganda fazogirning og'irligi qanday o'zgaradi?

4. "Nesterov halqasi"ning yuqori nuqtasida uchuvchining og'irligi qanday bo'ladi?

5. Jism og'irligining o'zgarishi bilan birga massasi ham o'zgaradimi?

1.21-rasm

Masala yechish namunasi

Massasi 100 kg bo'lgan yukning og'irligi:
a) 0,3 m/s^2 tezlanish bilan yuqoriga vertikal ko'tarilganda;
b) tekis harakat qilganda;
d) 0,4 m/s^2 tezlanish bilan pastga tushganda;
e) erkin tushganda nimaga teng bo'ladi?
g = 10 m/s^2 deb oling.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$m = 100$ kg	$P_1 = m(g + a_1)$;	a) $P_1 = 100\,(10 + 0{,}3)$ N $= 1030$ N $= 1{,}03$ kN
$a_1 = 0{,}3$ m/s^2	$P_2 = mg$	b) $P_2 = 100\cdot 10 = 1000$ N $=1$ kN
$a_2 = 0$ m/s^2	$P_3 = m(g - a_3)$;	d) $P_3 = 100\cdot(10 - 0{,}4)$ N $= 100\cdot 9{,}6 = 960 = 0{,}96$ kN;
$a_3 = 0{,}4$ m/s^2	$P_4 = m\cdot(g - a_4)$	e) $P_4 = 100\cdot(10 - 10)$ N $= 0$ N
$a_4 = g$		
$g = 10$ m/s^2		**Javob:** $P_1 = 1{,}03$ kN, $P_2 = 1$ kN,
$P_1 = ?$; $P_2 = ?$		$P_3 = 0{,}96$ kN, $P_4 = 0$ N.
$P_3 = ?$; $P_4 = ?$		

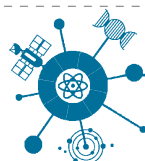
4-mashq

1. Qavariq ko'prikdan o'tayotgan avtomobilning eng yuqori nuqtadagi markazga intilma kuchi 5000 N bo'lib, u ko'prikka 8000 N kuch bilan bosgan bo'lsa, uning massasi qanchaga (t) teng?

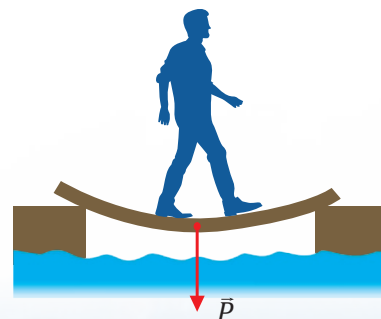
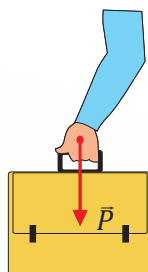
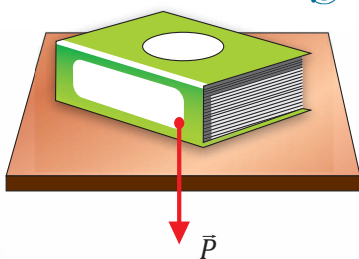
2. "Nesterov halqasi" bo'ylab harakatlanayotgan samolyotning tezligi 100 m/s, uchuvchining massasi 70 kg, halqa radiusi 200 m bo'lsa, trayektoriyaning eng quyi nuqtasida uchuvchining o'rindiqqa beradigan bosim kuchini toping.

3. Massasi 60 kg bo'lgan odamning 2 m/s^2 tezlanish bilan pastga vertikal tekis sekinlanuvchan harakat qilayotgan liftdagi og'irligini toping.

4. Massasi 65 kg bo'lgan chang'ichi 2 m/s tezlik bilan egrilik radiusi 20 m bo'lgan botiq yo'lning eng chuqur joyida harakatlanganda qanday og'irlikka ega bo'ladi?

5. Egrilik radiusi 100 m bo'lgan qavariq ko'prikning eng yuqoridagi nuqtasida avtomobilning og'irligi tinch holatdagiga nisbatan qanchaga kamayadi? Avtomobilning massasi 2 t, harakat tezligi 54 km/h ga teng.

Qo'shimcha topshiriqlar

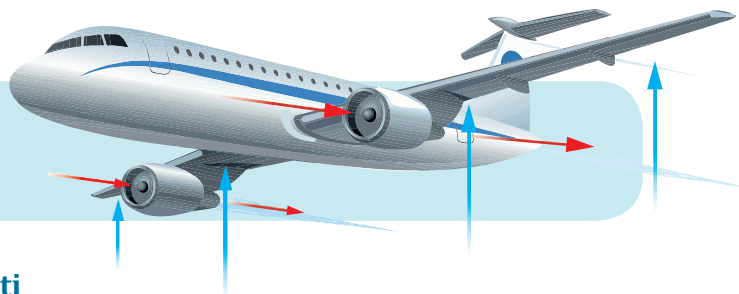
1. Rasmdagi vaziyatlarda jismning og'irligi nimaga ta'sir qiladi?

$\vec{P}$ $\vec{P}$ $\vec{P}$

2. Ushbu ko'priklarning qaysi qismida harakatlanayotganda og'irlik ortishi yoki kamayishini tushuntiring.

JISMNING BIR NECHTA KUCH TA'SIRIDAGI HARAKATI

6-MAVZU

1. Jismning gorizontal tekislikdagi harakati.
2. Jismlarning ko'chmas blokdagi harakati.

Samolyotga qanday kuchlar ta'sir etadi?

1. Jismning gorizontal tekislikdagi harakati

Jismning mexanik harakatini kuzatar ekanmiz, bu harakat yagona kuch ta'sirida emas, balki bir nechta kuch ta'sirida sodir bo'layotganini anglash mumkin.

Gorizontal sirtda turgan jismni sirt bo'ylab yo'nalgan tortuvchi kuch bilan harakatlantirganda unga quyidagi kuchlar ta'sir qiladi: tortuvchi kuch ($\vec{F}_t$), ishqalanish kuchi ($\vec{F}_{ishq}$), og'irlik kuchi ($\vec{F}_{og'}$), tayanchning normal reaksiya kuchi ($\vec{N}$).

Jismni harakatlantirish uchun tortuvchi kuch tinchlikdagi ishqalanish kuchidan katta bo'lishi kerak:

$$F_{\text{t}} > F_{\text{ishq}}$$

Bunda jism joyidan qo'zg'alib, tezlanish bilan harakatlana boshlaydi. Jism tezlanishini topish uchun harakat yo'nalishidagi teng ta'sir etuvchi kuch (F) ni aniqlash kerak.

1.22-rasmga ko'ra, $\vec{F} = \vec{F}_t + \vec{F}_{ishq}$. Kuchlar qarama-qarshi yo'nalishda ekanligini e'tiborga olsak:

$$F = F_t - F_{ishq} \qquad (1)$$

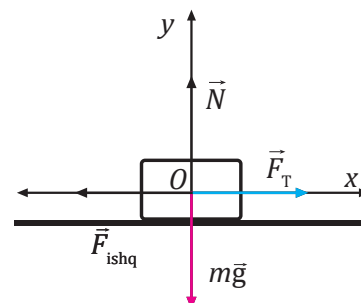
bu yerda $N = mg$ ekanligidan ishqalanish kuchi

$$F_{ishq} = \mu N = \mu mg \qquad (2)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

Nyutonning II qonuni hamda (2) formuladan foydalanib quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$a = \frac{F_t - \mu mg}{m} \qquad (3)$$

Gorizontal sirtda turgan jismni sirtga nisbatan qiya yo'nalgan kuch bilan tortsak, uning harakatini aniqlash uchun tortuvchi kuchni tashkil etuvchilariga ajratamiz. Buning uchun sirt bo'ylab va unga tik yo'nalishda OX va OY koordinata o'qlarini kiritamiz (1.23-rasm). Sirt bo'ylab harakat yo'nalishidagi teng ta'sir etuvchi kuchni topamiz:

1.22-rasm

$$F_x = F_{tx} - F_{ishq}$$

Bunda $F_{tx} = F_t \cos\alpha$ tortuvchi kuchning OX o'qidagi tashkil etuvchisi. Bu holda tortuvchi kuchning OY o'qidagi tashkil etuvchisi $F_{ty} = F_t \sin\alpha$ hisobiga sirtning normal reaksiya kuchi:

$$N = mg - F_t \sin\alpha$$

1.23-rasm

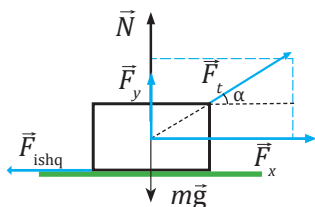
Demak, ishqalanish kuchi:

$$F_{ishq} = \mu N = \mu\left(mg - F_t \sin\alpha\right) \quad (4)$$

U holda OX yo'nalishdagi teng ta'sir etuvchi kuch

$$F_x = F_t \cos\alpha - \mu\left(mg - F_t \sin\alpha\right) \quad \text{teng.} \quad (5)$$

$F_x = ma$ va (5) dan foydalanib jismning tezlanishi:

$$a = \frac{F_t \cos\alpha - \mu\left(mg - F_t \sin\alpha\right)}{m} \quad \text{ga teng.} \quad (6)$$

2. Jismlarning ko'chmas blokdagi harakati

Massalari m_1 va m_2 bo'lgan jismlar vaznsiz ko'chmas blokka 1.24-rasmdagidek cho'zilmas va vaznsiz ip orqali osib qo'yilgan. Jismlarning massalari teng bo'lsa, ular tinch turadi yoki tekis harakatlanadi. Bunda ipning taranglik kuchi (T) bitta jismning og'irligi (P) ga teng bo'ladi:

$$T = P$$

1.24-rasm

Jismlarning massalari har xil ($m_2 > m_1$) bo'lsa, ikkinchi jism pastga, birinchi jism esa yuqoriga tezlanish bilan harakatlanadi. Jismlarning tezlanishini va taranglik kuchini topish uchun ularga ta'sir etuvchi kuchlarning yo'nalishlarini aniqlaymiz. Jismlarga pastga yo'nalgan og'irlik kuchi, yuqoriga yo'nalgan ipning taranglik kuchi ta'sir etadi. Bu kuchlarning teng ta'sir etuvchilari har bir jismga tezlanish beradi. Ip cho'zilmas bo'lgani uchun jismlarning tezlanishi miqdor jihatidan teng, yo'nalishlari esa qarama-qarshi bo'ladi. Birinchi jism uchun teng ta'sir etuvchi kuch:

$$F_1 = T - m_1 g$$

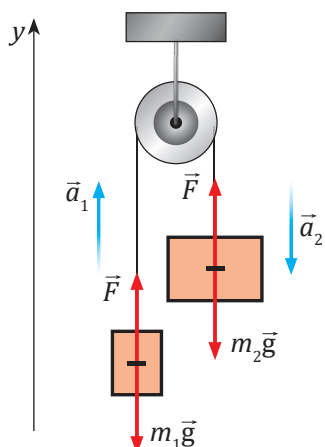
ikkinchi jism uchun

$$F_2 = m_2 g - T \quad \text{ga teng bo'ladi.}$$

Bu tenglamalardan jismlarning tezlanishlarini va ipning taranglik kuchini topamiz:

$$\begin{cases} T = m_1\left(g + a\right) \\ T = m_2\left(g - a\right) \end{cases} \quad (7)$$

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g\,; \quad (8)$$

$$T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g. \quad (9)$$

1. Gorizontal sirtda jismning bir nechta kuch ta'siridagi harakatiga misollar keltiring.

2. Ko'chmas blokda qaysi kattaliklar har ikki tomonida bir xil qiymatga ega bo'ladi?

3. Tinch turgan jismga to'rt tomonidan kuchlar ta'sir etadi va muvozanatda turadi. Jism qachon harakatga kelishi mumkin?

1.25-rasm

Masala yechish namunasi

Massalari 230 g dan bo'lgan ikkita yuk vaznsiz ip yordamida o'zaro bog'lanib, ko'chmas blokka osilgan. Agar yuklardan birortasiga 30 g qo'shimcha yuk osilsa, ular qanday tezlanish bilan harakatlanadi? Harakat boshlangandan 0,5 s o'tgach, yuklar qanday tezlikka erishadi? Shu vaqt davomida yuklar qancha masofani bosib o'tadi? Ishqalanishni hisobga olmang (1.25-rasm).

Berilgan:	**Formula:**	**Hisoblash:**
$m_1 = m_2 = 230$ g = 0,23 kg m_3 = 30 g = = 0,03 kg t = 0,5 s $\upsilon_0 = 0$ a = ?; υ = ? s = ?	$T_1 = T_2 = T;$ $a_1 = a_2 = a;$ $\begin{cases}(m_1+m_3)g - T = (m_1+m_3)a \\ T - m_2 g = m_2 a\end{cases}$ $a = \frac{(m_1+m_3)g - m_2 g}{(m_1+m_3)+m_2}$ $\upsilon = \upsilon_0 + at = at$ $s = \frac{at^2}{2}$	$a = \frac{30\cdot10^{-3}\ \text{kg}\cdot 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{(230\cdot10^{-3}\ \text{kg} + 30\cdot10^{-3}\ \text{kg}) + 230\cdot10^{-3}\ \text{kg}}$ = 0,61 m/s² υ = 0,61 m/s² · 5 s ≈ 3,05 m/s; $S = \frac{at^2}{2} = \frac{0,61\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot 25\ \text{s}^2}{2} = 7,5\ \text{m}$ **Javob:** a = 0,61 m/s², υ ≈ 3,05 m/s, s = 7,5 m.

5-mashq

1. Ko'chmas blok orqali o'tkazilgan chilvirga massalari 0,3 kg va 0,2 kg bo'lgan yuklar osilgan. Yuklar qanday tezlanish olishini va chilvirning harakat vaqtidagi taranglik kuchini toping.

2. Ko'chmas blok orqali o'tkazilgan ipning uchlariga 95 g va 105 g massali yuklar osib qo'yib yuborildi. 2 s o'tgandan keyin 105 g massali yuk dastlabki vaziyatidan necha metr masofada bo'ladi? g = 9.81 m/s².

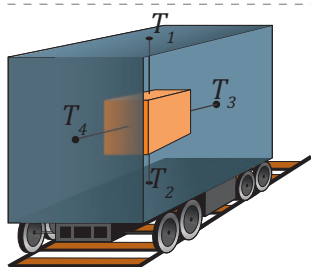
3. Har birining massasi 100 g dan bo'lgan ikki yuk qo'zg'almas blok orqali o'tkazilgan ipning uchlariga osilgan. Yuklardan birining ustiga m_0 = 50 g qo'shimcha yuk qo'yilgan. Sistema harakatga kelganda qo'shimcha yuk o'zi turgan jismga qanday kuch bilan ta'sir qiladi?

4. Vaznsiz blok orqali o'tkazilgan ipning uchlariga 2 ta tosh osilgan. Bunda yengilroq tosh og'irroq toshdan 2 m pastda turibdi. Agar toshlar og'irlik kuchi ta'sirida harakatlansa, 2 s dan so'ng ular bir xil balandlikda bo'ladi. Toshlarning massalari nisbati qanday?

7-MAVZU MASALALAR YECHISH

Masala yechish namunalari

1. Lift 3 m/s² tezlanish bilan vertikal pastga harakatlanmoqda, liftdagi 50 kg massali bolaning ogʻirligi qanday boʻladi?

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
m = 50 kg; a = 3 m/s² g = 10 m/s²	$P = m\,(g - a)$	P = 50 kg·(10 m/s² – 3 m/s²) = 350 N **Javob:** P = 350 N.
P = ?		

1.26-rasm

2. T_3 kuch yoʻnalishida tezlanish bilan harakatlanayotgan vagonning oldingi va orqa devorlariga hamda shift va poliga jism rasmda koʻrsatilgandek iplar bilan bogʻlangan. Bunda iplarning taranglik kuchi mos ravishda T_1 = 15 N, T_2 = 7 N, T_3 = 1,6 N va T_4 = 0,6 N boʻlsa, vagonning tezlanishini toping (1.26-rasm).

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
T_1 = 15 N; T_2 = 7 N T_3 = 1,6 N; T_4 = 0,6 N g = 10 m/s²	$mg = T_1 - T_2$; $ma = T_3 - T_4$ $a = \dfrac{T_3 - T_4}{T_1 - T_2}g$	$a = \dfrac{1{,}6\ \text{N} - 0{,}6\ \text{N}}{15\ \text{N} - 7\ \text{N}} 10\ \text{m/s}^2 = 1{,}25\ \text{m/s}^2$ **Javob:** a = 1,25 m/s².
a = ?		

1.27-rasm

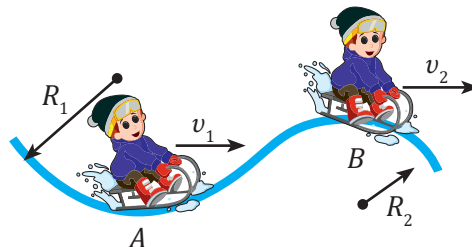
3. Rasmda tasvirlangan qurilmada choʻzilmas ipning taranglik kuchini va jismning tezlanishini toping. Jismning massasi m = 100 g va tortuvchi kuch F = 1,2 N ga teng. Blokning massasini hisobga olmang. g = 10 m/s² (1.27-rasm).

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
m = 100 g = 0,1 kg F = 1,2 N g = 10 m/s² R = 100 m $\upsilon = 20\dfrac{m}{s}$	$\begin{cases} F = T \\ T - mg = ma \end{cases}$ $a = \dfrac{F - mg}{m} = \dfrac{F}{m} - g$	$F = T$ = 1,2 N $a = \dfrac{1{,}2\ \text{N}}{0{,}1\ \text{kg}} - 10\ \text{m/s}^2 = 2\ \text{m/s}^2$ **Javob:** T = 1,2 N; a = 2 m/s².
T = ? a = ?		

6-mashq

1. Yerda 50 kg massali yukni ko‘tara oladigan odam Oyda qanday massali yukni ko‘tara olishini toping. Oyda erkin tushish tezlanishi 1,6 m/s^2, yerda esa 9,8 m/s^2 ga teng.

2. Avtomobil radiusi 100 m bo‘lgan botiq ko‘prikning o‘rtasidan o‘tayotganida qanday tezlik bilan harakatlansa, bosim kuchi 25 kN ga teng bo‘ladi? Avtomobilning massasi 2 t ga teng.

3. Agar R_1=20 m, υ_1= 10 m/s, R_2 = 10 m, υ_2= 5 m/s bo‘lsa, massasi 40 kg bo‘lgan bolaning *A* va *B* holatlardagi og‘irligini toping. (1.28-rasm).

1.28-rasm

4. Ip qo‘zg‘almas blokdan o‘tkazilib, bir uchiga 15 N, ikkinchi uchiga 25 N og‘irlikdagi yuklar osilgan bo‘lsa, ular qanday tezlanish bilan harakatlanadi (m/s^2)?

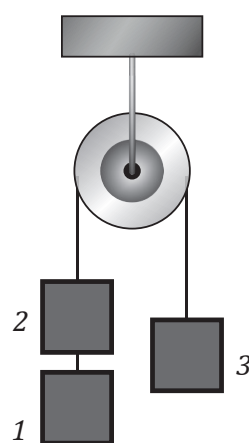
5. Ko‘chmas blokka ip orqali ikkita bir xil *m* massali yuk osilgan. Bir paytning o‘zida yuklarga chap tomonga 3*m* massali, o‘ng tomonga *m* massali qo‘shimcha yuk qo‘yilgan. Sistemaning harakatlanish tezlanishini toping.

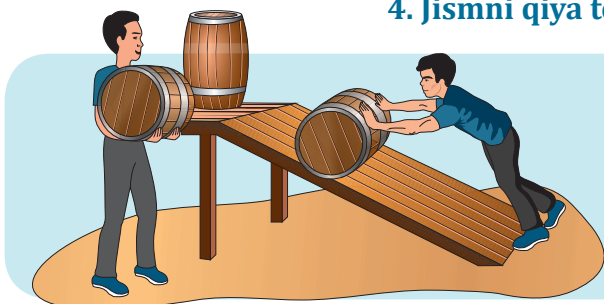
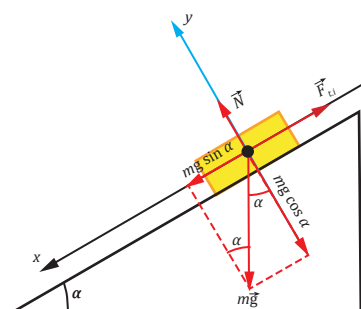
6*. Ko‘chmas blokka ip orqali uchta bir xil 5 kg massali yuk osilgan. Sistemaning harakatlanish tezlanishini toping. Ishqalanishni hisobga olmang (1.29-rasm).

1.29-rasm

7. Egrilik radiusi 9 m bo‘lgan botiq ko‘prikning quyi nuqtasidagi avtomobil og‘irligi gorizontal yo‘ldagi og‘irligidan 1,1 marta katta bo‘lsa, avtomobilning botiq ko‘prikning quyi nuqtasidagi tezligini (m/s) toping.

8. Massasi 5 t bo‘lgan avtomobil qavariq ko‘prikdan 21,6 km/h tezlik bilan o‘tmoqda. Agar ko‘prikning egrilik radiusi 50 m bo‘lsa, avtomobil ko‘prik o‘rtasiga qanday kuch bilan ta’sir qiladi?

9. Massasi 50 kg bo‘lgan bola arqonning uzunligi 4 m bo‘lgan arg‘imchoqda uchmoqda. O‘rta vaziyatdan 6 m/s tezlik bilan o‘tayotganda u o‘rindiqqa qancha kuch bilan bosadi?

8-MAVZU JISMNING QIYA TEKISLIKDAGI HARAKATI

1. Qiya tekislikda jismga ta'sir qiluvchi og'irlik kuchining tashkil etuvchilari.
2. Qiya tekislikda ishqalanish kuchi.
3. Jismning qiya tekislik bo'ylab pastga harakati.
4. Jismni qiya tekislik bo'ylab yuqoriga ko'tarish.

Ikki ishchidan qaysi biri kamroq kuch sarflamoqda? Sababini tushuntiring.

1.30-rasm

Kundalik turmushda jismlar doimo gorizontal sirt bo'ylab emas, ba'zan qiyalik bo'ylab ham harakatlanadi. Bunday qiyaliklarni biz qiya tekisliklar deb ataymiz. Xiyobondagi sirpanib tushish uchun yo'laklar (1.30-rasm), qiya shosselar, yuk avtomobilining yuk ortuvchi estakadalari qiya tekislikka misol bo'ladi. Xo'sh, qiya tekislik bo'ylab jismlarni ko'tarishda yoki tushirishda nimalarga e'tibor berish kerak, qiya tekisliklarning ahamiyati nimadan iborat bo'ladi?

Qiya tekisliklardan foydalanish bizga jismni vertikal ko'tarishda talab qilinadigan kuchning qiymatini kamaytiradi. Qiya tekislikda tinch turgan yoki harakatlanayotgan jismga bir nechta kuch ta'sir qiladi.

1. Qiya tekislikda jismga ta'sir qiluvchi og'irlik kuchining tashkil etuvchilari

Ma'lumki, og'irlik kuchi doimo vertikal pastga yo'nalgan. Bu kuchning qiya tekislik bo'ylab pastga tomon yo'nalgan tashkil etuvchisi (F_x) qiya tekislikning qiyalik burchagiga bog'liq holda quyidagicha topiladi:

$$F_x = mg\sin\alpha \quad (1)$$

Bu kuch jismni qiyalik bo'ylab pastga sirpantiruvchi (tortuvchi) kuch hisoblanadi. Og'irlik kuchining qiya tekislikka tik yo'nalgan tashkil etuvchisi:

$$F_y = mg\cos\alpha \quad (2)$$

formula bilan aniqlanadi.

1.31-rasm

Bu kuch sirt tomonidan jismga ta'sir etuvchi normal reaksiya kuchi (N) ga teng bo'ladi. Nyutonning III qonuniga asosan, normal reaksiya kuchi F_y kuchga son jihatidan teng yo'nalishi bo'yicha qarama-qarshi bo'ladi (1.31-rasm).

$$N = mg\cos\alpha \quad (3)$$

Og'irlik kuchi va sirt reaksiya kuchining OX va OY o'qlari bo'yicha (proyeksiya) tashkil etuvchilari jism qiyalikda tinch turishiga yoki tezlanish bilan harakatlanishiga sababchi bo'ladi.

2. Qiya tekislikda ishqalanish kuchi

Qiya tekislikdagi jismga doimo qiya tekislik bo‘ylab pastga yo‘nalgan og‘irlik kuchining OX o‘qi bo‘yicha tashkil etuvchisi ta’sir etib turadi. Agar jism qiya tekislikda tinch turgan bo‘lsa, og‘irlik kuchining OX o‘qi bo‘yicha tashkil etuvchisini qaysi kuch muvozanatlaydi? Jism tinch turganda unga tinchlikdagi ishqalanish kuchi ($F_{t.i.}$) ta’sir etadi (1.31-rasm). Bu kuch qiya tekislik bo‘ylab yuqoriga yo‘nalgan bo‘lib, son jihatdan jismni pastga tortuvchi (F_x) kuchga teng bo‘ladi:

$$F_{t.i} = F_x = mgsin\alpha \quad (4)$$

Agar jism qiya tekislik bo‘ylab yuqoriga yoki pastga sirpanayotgan bo‘lsa, jismga sirpanish ishqalanish kuchi ($F_{s.i.}$) ta’sir etadi va u sirtning normal reaksiya kuchi orqali ifodalanadi:

$$F_{s.i.} = \mu N = \mu mgcos\alpha \quad (5)$$

1.32-rasm

3. Jismning qiya tekislik bo‘ylab pastga harakati

Qiya tekislikda turgan jismga boshqa jismlar ta’sir etmasa, u faqat og‘irlik kuchi, sirt bilan jism orasidagi ishqalanish kuchi va sirtning normal reaksiya kuchlari ta’sirida bo‘ladi. Bu kuchlarning qiyalik bo‘ylab pastga yo‘nalgan teng ta’sir etuvchisi:

$$F = F_x - F_{ishq}$$

$$F = m\cdot g\cdot sin\alpha - \mu\cdot m\cdot g\cdot cos\alpha \quad (6)$$

ga teng bo‘ladi (1.32-rasm).

Bu yerda: F – kuchlarning teng ta’sir etuvchisi, F_x – jismni qiya tekislik bo‘ylab pastga tortuvchi kuch, F_{ishq} – jism va qiya tekislik sirti orasidagi ishqalanish kuchi.

Jismning qiya tekislikdagi harakat turiga qarab formulaning xususiy hollarini ko‘rib chiqamiz:

1. Jismni pastga sirt bo‘ylab tortuvchi kuch tinchlikdagi ishqalanish kuchidan kichik: $F_x < F_{t.i}$ bo‘lganda jism qiyalikda tinch turadi. Bu holda $\mu > tg\,\alpha$ bo‘ladi.

2. $F_x = F_{ishq}$ bo‘lganda jism qiyalikda tinch turadi yoki o‘zgarmas tezlik bilan pastga harakatga keladi. Bunda $\mu = tg\alpha$ bo‘ladi.

3. $F_x > F_{s.i}$ bo‘lganda jism tezlanish bilan pastga harakatlanadi. Bunda $\mu < tg\alpha$ bo‘ladi.

Teng ta’sir etuvchi kuch $F = ma$ ekanligidan foydalanib:

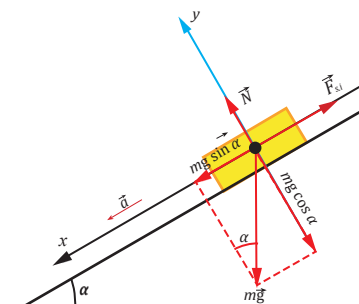
$$ma = m\cdot g\cdot sin\alpha - \mu\cdot m\cdot g\cdot cos\alpha$$

jism tezlanishi:

$$a = g\cdot(sin\alpha - \mu\cdot cos\alpha) \quad (7)$$

ga teng ekanligini topamiz.

4. Jismni qiya tekislik bo‘ylab yuqoriga ko‘tarish

Jismni qiya tekislik bo‘ylab yuqoriga ko‘tarish uchun unga tekislik bo‘ylab yuqoriga yo‘nalgan tashqi (F_{tash}) kuchni qo‘yishimiz kerak. Bu holda sirpanish ishqalanish ($F_{s.i}$) kuchi tekislik bo‘ylab jism harakatiga qarama-qarshi yo‘naladi. Jismning yuqoriga harakat yo‘nalishi bo‘yicha teng ta’sir etuvchisi quyidagicha aniqlanadi:

$$F = F_{tash} - (F_x + F_{ishq}).$$

Agar teng ta’sir etuvchi kuch nolga teng bo‘lsa:

$$F_{tash} = mg(sin\alpha + \mu cos\alpha)$$

jism qiyalikda tinch turadi yoki o‘zgarmas tezlik bilan qiyalik bo‘ylab yuqoriga ko‘tariladi.

Agar $F_{tash} > F_x + F_{ishq}$ bo‘lsa, jism qiyalik bo‘ylab yuqoriga tezlanish bilan ko‘tariladi.

Bu holda tezlanish:

$$a = \frac{F_{tash}}{m} - g\left(sin\alpha + \mu cos\alpha\right) \qquad (8)$$

formula yordamida aniqlanadi.

1. Qiya tekislikdagi jism harakati qiyalik burchagiga qanday bog‘liq?

2. Qiya tekislikdan qanday maqsadlarda foydalanish mumkin?

3. Qiya tekislikda jism qachon muvozanatda turadi, qanday shart bajarilsa, u tekis yoki tezlanuvchan harakatda bo‘ladi?

Masala yechish namunasi

Bola qorli qiya tekislikdan chang‘ida pastga tushmoqda. Qiya tekislikning gorizontga nisbatan burchagi 30° va chang‘i bilan qor orasidagi sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti 0,15 ga teng. Bola va chang‘ining birgalikdagi massasi 65 kg. Qiya tekislikdan tushishda bolaning tezlanishini aniqlang.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$\alpha = 30°$ $\mu = 0{,}15$ $m = 65$ kg $g = 9{,}8$ m/s^2	$a = g\left(sin\alpha - \mu cos\alpha\right)$	$a = 9{,}8\ \text{m/s}^2\left(\frac{1}{2} - 0{,}15\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \approx 3{,}63\ \text{m/s}^2$
$a = ?$		**Javob:** $a \approx 3{,}63$ m/s^2.

7-mashq

1. Uzunligi 13 m, balandligi 5 m bo‘lgan qiya tekislikda massasi 26 kg bo‘lgan yuk turibdi. Yuk va qiya tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,5 ga teng. Yukni yuqoriga tekis tortish uchun tekislik bo‘ylab unga qanday kuch qo‘yish kerak? Pastga tortish uchun-chi?

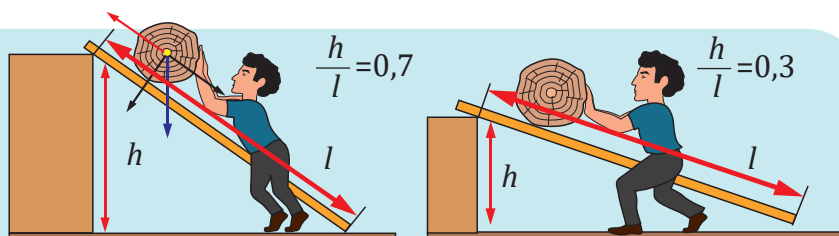
2. Chana bilan undagi odamning umumiy massasi 100 kg. Shu chana balandligi 8 m va uzunligi 100 m bo‘lgan tepalikdan sirpanib tushmoqda. Agar boshlang‘ich tezlik nolga teng bo‘lib, tepalik oxirida chananing tezligi 10 m/s ga yetsa, chananing harakatiga o‘rtacha qarshilik kuchi qancha bo‘ladi?

3. Qiyalik burchagi 30° bo‘lgan tekislikda yukni qiya tekislikka parallel bo‘lgan 6 N kuch tutib turibdi. Ishqalanish koeffitsiyenti 0,4 ga teng. Yukning massasini toping.

JISMNI QIYA TEKISLIK BO‘YLAB KO‘CHIRISHDA BAJARILGAN ISH. QIYA TEKISLIKNING FOYDALI ISH KOEFFITSIYENTI

9-MAVZU

1. Jismni qiya tekislik bo‘ylab ko‘chirishda bajarilgan ish.
2. Qiya tekislikning foydali ish koeffitsiyenti.

Qiya tekislikni tavsiflashda balandlikning uzunlikka nisbati nimani bildiradi?

1. Jismni qiya tekislik bo‘ylab ko‘chirishda bajarilgan ish

Jismni ma’lum balandlikka uni tik yo‘nalishda ko‘tarib yoki qiya tekislik yordamida olib chiqish mumkin. Nima uchun biz ko‘p hollarda qiya tekislikdan foydalanamiz? Chunki qiya tekislikda kamroq kuch sarflaymiz. Bu ikki holda biz qanday ish bajaramiz?

Jismni tik yuqoriga tekis ko‘tarishda og‘irlik kuchiga qarshi ish bajaramiz. Bunda bajarilgan ish

$$A_1 = mgh$$

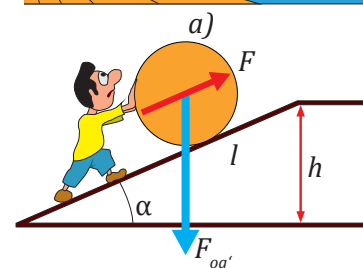
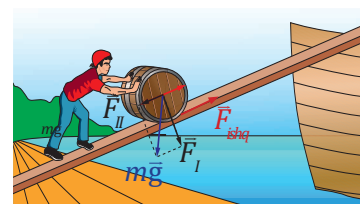
ga teng bo‘ladi.

Jismni qiya tekislik bo‘ylab tekis ko‘tarishda esa og‘irlik va ishqalanish kuchlariga qarshi ish bajaramiz. Bu holda bajarilgan ish

$$A_2 = F_{og'}h + F_{ishq}l = mgh + \mu mgl\cos\alpha$$

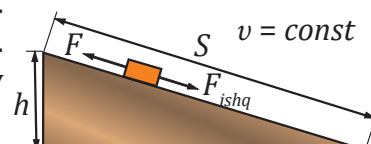
formula bilan aniqlanadi. Demak, jismni qiya tekislik bo‘ylab ko‘tarishda ko‘proq ish bajarilar ekan. Ishqalanish kuchini yengish uchun bajarilgan ish biz uchun zararli, ya’ni ortiqcha bajarilgan ish hisoblanadi (1.33-rasm).

a)

b)

2. Qiya tekislikning foydali ish koeffitsiyenti

Turmushda va texnikada turli qiyalikdagi qiya tekisliklardan foydalanamiz. Ularni tanlashda nimalarga e’tibor berish kerak? Qiya tekisliklar ish bajarishda yordamchi mexanizm sifatida ishlatiladi. Ularning foydali ish koeffitsiyenti (FIK) 100% dan kichik bo‘ladi. Qiya tekislikning FIK (η-etta) bajarilgan foydali ish (A_f) ning umumiy (A_{um}) ishga nisbati bilan aniqlanadi. Ya’ni:

$$\eta = \frac{A_f}{A_{um}} = \frac{mgh}{mgh + \mu \cdot mgl\cos\alpha} = \frac{1}{1 + \mu \cdot ctg\alpha}$$

Bunda $l = \dfrac{h}{sin\alpha}$.

d)

1.33-rasm

Demak, qiyalik burchagi ortishi bilan qiya tekislikning FIKi ortadi va bajariladigan umumiy ish kamayadi. Lekin qiyalik burchagining ortishi sarflanadigan kuch ortishiga olib keladi. Shu sababli qiya tekislik tanlanishida FIKi kattaroq, sarflanadigan kuch esa kichikroq qiymatga ega bo'lishiga e'tibor qaratiladi.

1. Qiya tekislik qiyalik burchagining oshishi uning foydali ishi ortishiga sabab bo'lishini tushuntiring.

2. Uyda qiya tekislikni yasang va undan nima maqsadda foydalanishni tushuntiring.

3. Jismni qiya tekislik bo'ylab ko'tarishda boshlang'ich sinf o'quvchisi qanday qiya tekislikdan foydalanishi maqsadga muvofiq? Yuqori sinf o'quvchisi-chi?

Masala yechish namunasi

Yuk qiya tekislik bo'ylab yuqoriga tekis siljitilganda unga ilingan dinamometr 39,2 N ni ko'rsatdi. Agar jism og'irligi 117,6 N, qiya tekislik uzunligi 1,8 m, balandligi 30 cm bo'lsa, yukka ta'sir etuvchi ishqalanish kuchi va qiya tekislikning FIKi qanchaga teng?

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
F = 39,2 N P = 117,6 N l = 1,8 m h = 30 cm = 0,3m	$\eta = \frac{Ph}{Fl}100\%$ $F_{ishq} = F - P\frac{h}{l}$	$F_{ishq} = 39,2\ \text{N} - 117,6\ \text{N}\frac{0,3\ \text{m}}{1,8\ \text{m}} = 19,6\ \text{N}$ $\eta = \frac{117,6 \cdot 0,3}{39,2 \cdot 1,8}100\% = 50\%$
F_{ishq} = ? η = ?		**Javob:** η = 50 %; F_{ishq}=19,6 N.

8-mashq

1. Qiya tekislikdagi yukni balandlikka ko'tarishda 20 J ish bajarildi. Bunda FIKi 80 % bo'lgan mexanizmdan foydalanildi. Foydali ishni hisoblang.

2. Jism qiya tekislikda 15 N kuch ta'sirida ko'tarildi. Jism og'irligi 16 N, qiya tekislik balandligi 5 m, uzunligi 6,4 m. Qiya tekislikning FIKini toping.

3. Qiya tekislik bo'ylab massasi 15 kg bo'lgan yukni tekis chiqarishda yukka ilingan dinamometr 40 N ni ko'rsatadi. Agar qiya tekislikning uzunligi 1,8 m, balandligi 30 cm bo'lsa, qiya tekislik FIKini toping.

4. Chanani tepalikka chiqarishda 16 s da 800 J ish bajarildi. Bunda qanday o'rtacha quvvatga (W) erishilgan?

MASALALAR YECHISH

Masala yechish namunalari

1. Og‘irligi 1000 N bo‘lgan jism gorizont bilan 30° burchak hosil qilgan tekislik bo‘ylab yuqoriga harakatlanmoqda. Yuqoriga tortuvchi kuch qiya tekislikka parallel bo‘lib, uning qiymati 800 N (1.34-rasm). Ishqalanish koeffitsiyenti 0,05 ga teng. 2 s davomida yuk qancha masofaga siljiydi?

1.34-rasm

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$P = 1000$ N $F_t = 800$ N $\mu = 0{,}05$ $t = 2$ s $\alpha = 30°$	$F_t - F_{ishq} - P\sin\alpha = ma$ $F_{ishq} = \mu P\cos\alpha$ $F_t - \mu P\cos\alpha - P\sin\alpha = ma = \frac{P}{g}a$	$s = \left(\frac{800\text{ N}}{1000\text{ N}} - 0{,}05\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\right)\cdot\frac{9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot(2\text{s})^2}{2} \approx 5\text{ m}$
$s = ?$	$s = \frac{at^2}{2} = \left(\frac{F_t}{P} - \mu\cos\alpha - \sin\alpha\right)\cdot\frac{gt^2}{2}$	**Javob:** $s = 5$ m.

2. Og‘irligi $49\cdot10^5$ N bo‘lgan elektropoyezd qiya tekislikdan yuqoriga tekis harakatlanib, 5 minutda 3 km masofani bosib o‘tdi. Tekislikning qiyaligi 1 km ga 4 m ni tashkil etadi. Ishqalanish koeffitsiyenti 0,002 bo‘lsa, poyezdning bajargan ishi va quvvatini toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$P = 49\cdot10^5$ N $s = 3$ km $= 3000$ m $h = 4$ m; $\mu = 0{,}002$ $l = 1$ km $= 1000$ m $t = 5$ min $= 300$ s	$A = Fs$ $F = P\cdot\sin\alpha + \mu P\cos\alpha$ $A = P(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)s$ $N_q = \frac{A}{t}$ $\cos\alpha = \frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l}$; $\sin\alpha = h/l$	$\sin\alpha = \frac{4}{1000} = 0{,}004$; $\cos\alpha = 0{,}9999 \approx 1$ $A = 49\cdot10^5$ N $(0{,}004 + 0{,}002\cdot1)\cdot3000 =$ $= 882\cdot10^5$ N·m $= 88{,}2$ MJ $N = \frac{88{,}2\cdot10^6\text{ J}}{300\text{s}} = 294\cdot10^3\text{ W} = 294\text{kW}$
$A = ?$; $N_q = ?$		**Javob:** $A = 88{,}2$ MJ ; $N = 294$ kW.

9-mashq

1. Gorizontal tekislikda 5 kg massali jism yotibdi. Gorizontga nisbatan 60° burchak ostida yuqoriga yoʻnalgan 50 N kuch ta’sirida jism 1 s vaqtda qancha yoʻlni bosib oʻtadi? Jism bilan tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,2 ga teng.

2. Qiyalik burchagi 10° boʻlgan qiya tekislikda jismga 10 m/s boshlangʻich tezlik berildi. Agar jism va tekislik sirtlari orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,5 ga teng boʻlsa, jismning toʻxtaguncha bosib oʻtgan yoʻlini va harakatlanish vaqtini toping: $sin10° \approx 0,17$; $cos10° \approx 0,98$.

3. Agar gʻildiraklarning yoʻl qoplamasi bilan ishqalanish koeffitsiyenti 0,5 ga teng boʻlsa, qiyalik burchagi 20° boʻlgan qiya yoʻldan yuqoriga harakatlanayotgan avtomobil qanday tezlanishga erishishi mumkin? Koʻtarilish boshlanishidagi tezlik 10 m/s boʻlsa, avtomobil 10 s ichida qancha yoʻl bosadi? $sin20° \approx 0,34$; $cos20° \approx 0,9$.

4. Qiyalik burchagi 20°, ishqalanish koeffitsiyenti esa 0,2 ga teng boʻlsa, qiya tekislikda 5 t massali tirkama (pritsep)ni qiyalik boʻylab yuqoriga 1 m/s tezlik bilan tortib chiqishi uchun traktorning quvvati qanday boʻlishi kerak?

5. Uzunligi 4 m, balandligi 0,8 m boʻlgan qiya tekislikdan 2205 N ogʻirlikdagi yuk chiqarilgan. Ishqalanish kuchi 220,5 N boʻlsa, qiya tekislikning foydali ish koeffitsiyenti necha foiz boʻladi?

6. Qiya tekislikning qiyalik burchagi α_0 boʻlganda unda yotgan jism bir tekis sirpana boshladi. Jism va qiya tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyentini toping.

7. Uzunligi 1 m, balandligi 0,6 m boʻlgan qiya tekislikning FIKini toping. Unda harakatlantirishdagi sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti 0,1 ga teng.

8*. Agar elektropoyezdning massasi $1,2 \cdot 10^5$ kg, ishqalanish koeffitsiyenti 0,05 ga teng boʻlsa, $\alpha = 10°$ boʻlgan qiyalik boʻylab yuqoriga 1,5 m/s^2 tezlanish bilan 100 m masofaga koʻtarilganda elektropoyezdning dvigatellari qancha ish bajaradi?

9. Qiyalik burchagi 30°, ishqalanish koeffitsiyenti 0,3 ga teng boʻlgan qiya tekislikda massasi 400 kg boʻlgan yukni 2 m balandlikka chiqarish uchun qancha ish bajarish kerak? Qiya tekislikning FIKi nimaga teng?

LABORATORIYA ISHI QIYA TEKISLIKNING FIKini ANIQLASH

11-MAVZU

Ishning maqsadi: qiya tekislik va undan nima maqsadda foydalanishni o‘rganish. Qiya tekislikda jismni ko‘tarishda bajariladigan foydali va to‘la ishlarni hamda qiya tekislikning foydali ish koeffitsiyenti haqidagi bilimlarni mustahkamlash. Xatoliklarni hisoblash ko‘nikmasini shakllantirish.

Kerakli asbob va materiallar: uzun yupqa taxta, qisqichli shtativ, yog‘och brusok, chizg‘ich, yuklar to‘plami, dinamometr (1.35-rasm).

1.35-rasm

Ishni bajarish tartibi

1. Yupqa taxta shtativga mahkamlanadi. So‘ng qiya tekislik uzunligi (l) va balandligi (h) chizg‘ich yordamida o‘lchab olinadi (1.36-rasm).

1.36-rasm

2. Dinamometr yordamida yog‘och brusokning og‘irligi P aniqlab olinadi (1.37-rasm).

3. Brusokni qiya tekislikka qo‘yib, uni dinamometr yordamida qiya tekislik bo‘ylab F kuch bilan bir tekisda tortamiz (1.38-rasm).

4. $A_t = Fl$ formulasi yordamida to‘la, $A_f = Ph$ formulasi yordamida esa foydali ishlar hisoblanadi.

5. $\eta = \frac{A_f}{A_t} \cdot 100\%$ ifoda yordamida qiya tekislikning foydali ish koeffitsiyenti hisoblanadi.

1.37-rasm

Tajriba kamida uch marta takrorlanadi, natijalar jadvalga yoziladi.

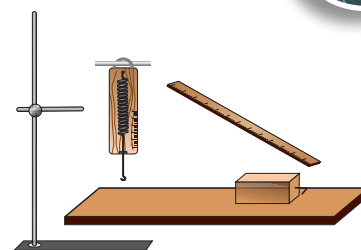
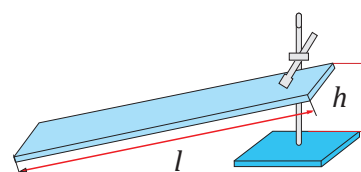
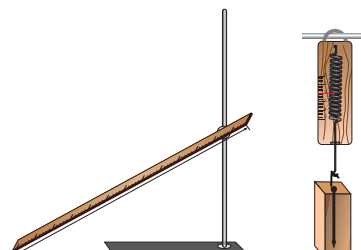
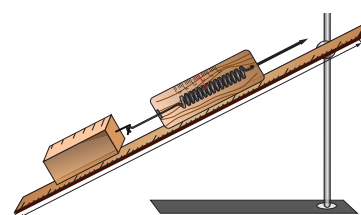
№	l, m	h, m	F, N	P, N	A_t, J	A_f, J	η, %
1							
2							
3							

Tajribani qiya tekislikning har xil balandliklari uchun o‘tkazib, foydali ish koeffitsiyenti qiya tekislik burchagiga bog‘liqligi haqida xulosalar chiqariladi.

1.38-rasm

Uyga vazifa

Uyingizda dinamometrli tarozi yordamida yuqoridagi tajribani o‘tkazib ko‘ring.

?

1. Qiya tekislik qanday qurilma va qanday maqsadda foydalaniladi?

2. Qiya tekislikda jismni ko‘tarishda bajariladigan foydali va to‘la ishlar qanday aniqlanadi?

3. Foydali ish to‘la ishdan kam bo‘lishining sababi nimada?

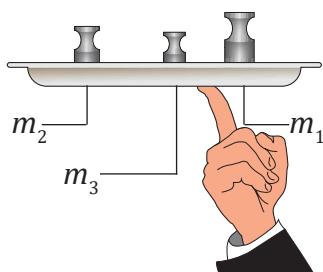
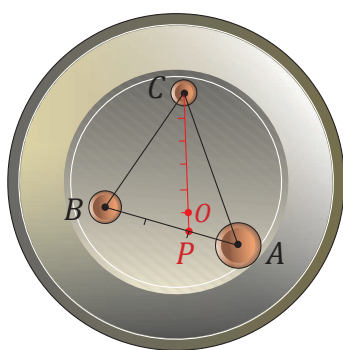
4. Qiya tekislikning foydali ish koeffitsiyenti uning qiyalik burchagiga bog‘liq ekanini qanday tushuntirasiz?

4. Ko‘chmas blok orqali erkin tushish tezlanishini aniqlasa bo‘ladimi?

12-MAVZU

MASSA MARKAZI. MUVOZANAT TURLARI. KUCH MOMENTI

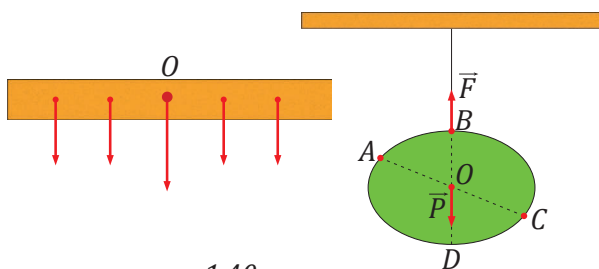
1. Massa markazi va ularni aniqlash usullari.
2. Jismlarning muvozanat turlari.
3. Kuch momenti.
4. Richaglarning turmush va texnikada qo'llanishi.

Nima sababdan yuk mashinalari rul chambaragining diametri yengil avtomobillarnikidan katta bo'ladi?

1. Massa markazi va ularni aniqlash usullari

Binolar va ko'priklar qurishda, har xil mexanizmlarni ishlab chiqishda ularning muvozanat vaziyatda bo'lishi muhim ahamiyatga ega. Jismlarni joyidan oson qo'zg'atishda, uylarning to'sinlarini o'rnatishda joyni to'g'ri tanlash va shunga o'xshash ishlarni bajarishda muvozanat vaziyatga e'tibor qaratish zarur. Jismlarning muvozanatda bo'lishi ularning massa markazi vaziyatiga bog'liq bo'ladi. Massa markazi jism yoki jismlar sistemasiga nisbatan aniqlanadigan nuqtadir.

1.39-rasm

Jismlarning massa markazlari ularning og'irlik markazlari bilan ustma-ust tushadi (1.39-rasm). Jismning barcha qismiga ta'sir etuvchi og'irlik kuchlarining teng ta'sir etuvchisi jismning og'irlik markazidan o'tuvchi to'g'ri chiziqda yotadi. Binobarin, og'irlik kuchi jismning ***og'irlik markaziga*** qo'yiladi.

Massa markazi jism yoki jismlar sistemasining barcha qismlari massalari to'plangandek tuyuladigan nuqta bo'lib, bu nuqtaga *jism* yoki *jismlar sistemasining massa markazi* deyiladi.

1.40 a-rasm

1.40 *a*-rasmda bir jinsli (ya'ni bir xil moddadan yasalgan, butun uzunligi bo'yicha ko'ndalang kesimi bir xil bo'lgan, zichligi tekis taqsimlangan) metall tayoqchaning ayrim qismlariga ta'sir etuvchi parallel og'irlik kuchlari va ularning teng ta'sir etuvchisi bo'lgan og'irlik kuchi qo'yilgan *O* nuqta (og'irlik markazi) ko'rsatilgan.

Ba’zi to‘g‘ri geometrik shaklga (shar, silindr, to‘g‘ri prizma) ega bo‘lgan bir jinsli jismlarning massa markazlari ularning geometrik markazlari bilan ustma-ust tushadi (1.40 *b*-rasm). Agar jism bir jinsli bo‘lmasa yoki jism simmetriya markaziga ega bo‘lmasa va u yassi bo‘lsa, uning og‘irlik markazini tajriba yo‘li bilan aniqlash mumkin. Buning uchun jism ikki nuqtasidan navbatma-navbat osiladi va bu nuqtalardan vertikal og‘irlik kuchi chiziqlari o‘tkaziladi (1.41-rasm). Vertikallarning kesishish nuqtasi yassi jismning og‘irlik markazi bo‘ladi.

1.40 b-rasm

1.41-rasm

1.42-rasm

2. Jismlarning muvozanat turlari

Jismlarning massa markazlari aniqlangandan so‘ng ularni muvozanat holatiga keltirish yoki joyidan qo‘zg‘atish oson bo‘ladi.

Odatda muvozanat turlari uch xil bo‘ladi:
– turg‘un muvozanat;
– turg‘unmas muvozanat;
– farqsiz muvozanat.

Jism muvozanat vaziyatidan chiqarilib, qo‘yib yuborilganda uni dastlabki vaziyatiga qaytaruvchi kuch hosil bo‘lsa, jismning bunday muvozanatiga ***turg‘un muvozanat*** deyiladi (1.42 *a*-rasm).

Jism muvozanat vaziyatidan chiqarilib, qo‘yib yuborilganda uni dastlabki muvozanat vaziyatidan yanada ko‘proq uzoqlashtiradigan kuch hosil bo‘lsa, jismning bunday muvozanatiga ***turg‘unmas muvozanat*** deyiladi (1.42 *b*-rasm).

Jism muvozanat vaziyatidan chiqarilib, qo‘yib yuborilganda uning vaziyatini o‘zgartiradigan hech qanday kuch hosil bo‘lmasa, jismning bunday muvozanatiga ***farqsiz muvozanat*** deyiladi (1.42 *d*-rasm).

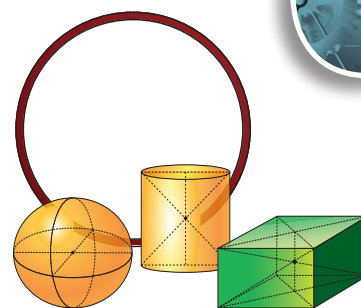
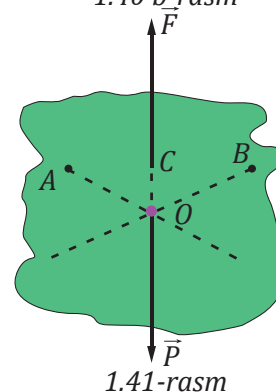
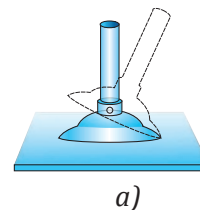
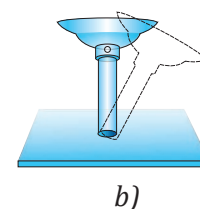
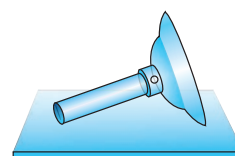
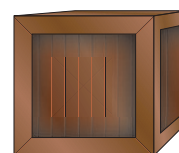
Jismning muvozanat vaziyati tayanch yuzasiga ham bog‘liq bo‘ladi. Agar biror tekislikda turgan jism tekislik bilan birga tekislikning bir uchidan ma’lum balandlikka ko‘tarilsa, jism ag‘dariladi. Bunda jismning og‘irlik markazidan o‘tkazilgan vertikal to‘g‘ri chiziq tayanch yuzasidan chiqib ketadi va jism qulab tushadi. Demak, tayanch yuzasi qancha katta bo‘lsa, jismning muvozanati shunchalik barqaror bo‘ladi.

3. Kuch momenti

Aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jismlarning harakati faqat unga qo‘yilgan kuch kattaligiga bog‘liq bo‘lmasdan, balki kuchning yo‘nalishiga ham bog‘liq bo‘ladi.

Aylanish o‘qidan kuchning ta’sir etish chizig‘igacha bo‘lgan eng qisqa masofa ***kuch yelkasi*** deb ataladi.

Bunda kuch yelkasi kuchning yo‘nalishiga tik holda joylashadi.

Aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jismga qo‘yilgan kuch va kuch yelkasining ko‘paytmasi *kuch momenti* deb ataladi. Kuch momenti *M* harfi bilan belgilanadi.

$$M = F \cdot l \qquad (1)$$

Kuch momentining o‘lchov birligi XBSda $[M]$= N·m.

Bir jinsli sterjen olib, uning og‘irlik markazini (O nuqta) tayanch ustiga o‘rnataylik, bu sterjen tayanch atrofida erkin aylana olsin. Bunda sterjen gorizontal holatda muvozanat vaziyatiga keladi. Richagning o‘ng tomoniga to‘rt birlik masofada (A nuqta) bitta yukni osaylik, ikkinchi tomoniga esa ikki birlik masofaga (B nuqta) xuddi shunday yukni osib qo‘ysak, uning muvozanati buziladi. Sterjen dastlabki muvozanatiga kelishi uchun B nuqtaga aynan shunday yuklardan yana birini osish kerak (1.43-rasm). Demak, kuchlar qo‘yilgan richagda kuch yelkasi necha marta kichik bo‘lsa, richag muvozanatda bo‘lishi uchun qo‘yiladigan kuch shuncha marta katta bo‘lishi kerak. Bundan kuchlar va kuch yelkalari orasida quyidagicha munosabat o‘rinli bo‘ladi degan xulosaga kelamiz:

1.43-rasm

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

$$M_1 = M_2 \qquad (2)$$

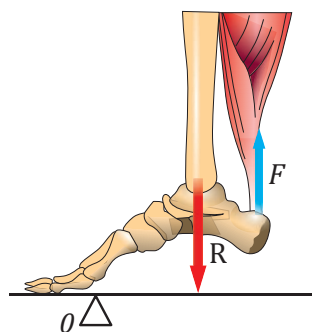
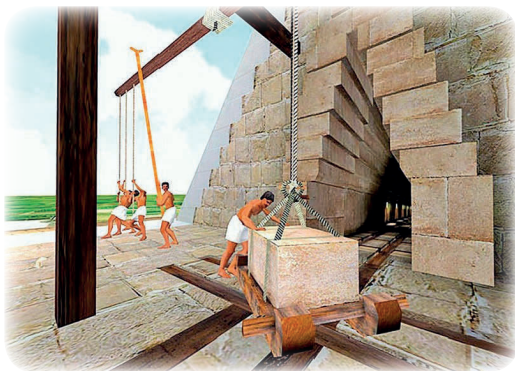
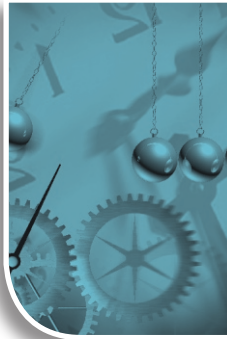
l_1 – OA oraliq uzunligi bo‘lib, F_1 – kuchning yelkasi. l_2 – OB oraliq uzunligi bo‘lib, F_2 – kuchning yelkasi.

1.44-rasm

(2) tenglikni Arximed topgan bo‘lib, ***richagning muvozanatda bo‘lish sharti*** deyiladi. Ko‘rilgan tajribada M_1 kuch momenti richagni soat strelkasi yo‘nalishida aylantirishga harakat qilsa, M_2 kuch momenti uni soat strelkasiga teskari yo‘nalishda aylantirishga harakat qiladi.

Qo‘zg‘almas tayanch atrofida aylana oladigan eng oddiy qurilma bu *richagdir* (1.44-rasm).

4. Richaglarning turmush va texnikada qo‘llanishi

Turmushda va texnikada turli xildagi qaychilar, mix sug‘uruvchi omburlar richag qoidasi asosida ishlaydi. Shayinli tarozi ham yelkalari teng bo‘lgan richagdir. Agar tarozi yelkalari turli uzunlikda olinsa, kichik massali tarozi toshlari bilan katta massali jismlarni o‘lchash mumkin bo‘ladi. Inson va hayvonlarning tana tuzilishida richag tamoyilida ishlaydigan qismlar ham mavjud. Qo‘l va oyoq suyaklari mushaklar bilan birgalikda richag hosil qiladi (1.45-rasm).

1.45-rasm

1. Nega jismning massa markazi va og‘irlik markazi ustma-ust tushadi?

2. Ta’sir yo‘nalishi massa markazidan o‘tuvchi kuch jismga qanday harakat beradi? O‘tmaydigani-chi?

3. Jismga ta’sir etayotgan kuch yo‘nalishi massa markazidan o‘tmasa, jism qanday harakat qiladi?

Masala yechish namunasi

Richagning uzun yelkasi 6 m ga, qisqa yelkasi esa 2 m ga teng. Uzun yelkasiga qo‘yilgan 500 N kuch yordamida qisqa tomonning uchi bilan qanday massali yukni ko‘tarish mumkin (1.46-rasm)?

1.46-rasm

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$l_1 = 6$ m $l_2 = 2$ m $F_1 = 500$ N	$M_1 = M_2$ $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$ $F_2 = mg$ $m = \frac{F_1 l_1}{g l_2}$;	$m = \frac{500\ \text{N} \cdot 6\ \text{m}}{9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 2\ \text{m}} \approx 153$ kg
$m = ?$		**Javob:** $m \approx 153$ kg.

10-mashq

1. Richagning kichik yelkasi uzunligi 2,5 cm, kattasining uzunligi 45 cm ga teng. Katta yelka oxiriga 20 N kuch qo‘yilgan. Richag muvozanatda bo‘lishi uchun kichik yelkasi oxiriga qanday kuch qo‘yish kerak?

2. Massasi 240 kg bo‘lgan tosh richag yordamida ko‘tarilmoqda. Agar kichik yelka 0,6 m bo‘lsa, uzunligi 2,4 m bo‘lgan katta yelkaga qanday kuch qo‘yish kerak?

3. Richagning uzunligi 2 marta ortsa, bajarilgan ish qanday o‘zgaradi?

4. Richagning kichik yelkasi uzunligi 4 cm, kattasining uzunligi 50 cm. Katta yelka oxiriga 40 N kuch qo‘yilgan. Richag muvozanatda bo‘lishi uchun kichik yelkasiga qanday kuch qo‘yish kerak?

5. Massasi 10 kg va uzunligi 40 cm bo‘lgan sterjenning uchlariga massalari 40 kg va 10 kg bo‘lgan yuklar osilgan. Sterjen muvozanatda turishi uchun tayanchni birinchi uchidan qancha masofaga qo‘yish kerak?

13-MAVZU MOMENTLAR QOIDASIGA ASOSLANIB ISHLAYDIGAN ODDIY MEXANIZMLAR

1. Juft kuchlar.
2. Richag.
3. Bloklar va vintlar.
4. Chig‘iriq (lebyodka)lar va ponalar.

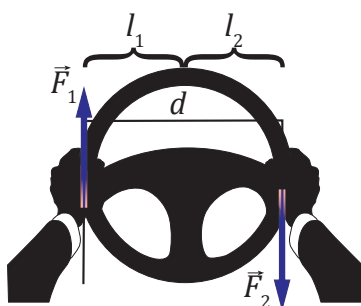
Eshik yopilib qolmasligi uchun ba’zan pol ustiga eshikning oshiq-moshig‘i yaqinidagi tirqishga tirab tosh yoki g‘isht qo‘yiladi. Bu eshik buzilishiga olib keladimi? Javobingizni izohlab bering.

1. Juft kuchlar

Qadimgi davrlardan hozirgi kungacha inson o‘z mehnatini yengillashtirish yo‘llarini qidiradi. Qurilishlarda og‘ir ustunlarni, ishlov berilgan marmar toshlarni ko‘tarish uchun turli mexanik qurilmalardan foydalanib kelingan. Uch ming yil oldin Qadimgi Misrda piramidalar qurilishida og‘ir tosh plitalarni richaglar yordamida bir joydan ikkinchi joyga siljitishgan va ancha balandga ko‘tarishgan. Ko‘p hollarda og‘ir yukni biror balandlikka ko‘tarish o‘rniga uni shu balandlikka qiya tekislik ustida dumalatib yoki sudrab olib chiqishgan. Samarqand va Buxoro shaharlaridagi minoralar, madrasalar, saroy va masjidlar qurilishida yuklarni bloklar, chig‘iriqlar yordamida ko‘targanlar.

Kundalik turmushda yog‘ochlarni kesadigan stanoklar, yuklarni ko‘chirishda ko‘tarma kran, yer qazib-tekislovchi traktorlar ham oddiy mexanizmlar asosida ishlaydi.

Aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jism kuch momenti ta’sirida harakatga keladi. Bunda jismga ta’sir etayotgan kuch momenti juft kuch ta’siriga o‘xshash bo‘ladi.

Yo‘nalishi qarama-qarshi, kattaliklari teng, lekin bir o‘qda yotmaydigan kuchlar *juft kuchlar* deyiladi.

1.47-rasm

Bunga misol tariqasida avtomobil rulining burilishini keltirish mumkin (1.47-rasm).

Aylanish o‘qi rulning o‘rtasida bo‘lib, unga F_1 va F_2 kuchlar jufti ta’sir etadi.

Agar aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jismga bir nechta kuchlar ta’sir etayotgan bo‘lsa, bu kuchlarning momentlarini o‘zaro qo‘shish orqali natijaviy moment topiladi. Bunda jismni soat strelkasi yo‘nalishi bo‘yicha aylantiruvchi kuch momentlari musbat ishorada, soat strelkasi yo‘nalishiga qarshi yo‘nalishda aylantiruvchi kuch momentlari manfiy ishorada olinadi.

Natijaviy kuch momentini topish uchun jismga ta'sir etuvchi kuch momentlarining ishorasini hisobga olib qo'shamiz:

$$M = F_2 l_2 + (-F_1 l_1) = F_2 l_2 - F_1 l_1. \quad (1)$$

Aylanish o'qiga ega bo'lgan jismni bir tomonga aylantiruvchi kuchlar momentlarining yig'indisi jismni qarama-qarshi tomonga aylantiruvchi kuchlar momentlari yig'indisiga teng bo'lsa, barcha kuchlarning natijaviy momenti nolga teng bo'lib, jism muvozanatda bo'ladi:

$$M_1 + M_2 + ... + M_n = 0 \quad (2)$$

Bu qoidani Arximed aniqlagan bo'lib, ***momentlar qoidasi*** deb yuritiladi.

Momentlar qoidasiga asoslanib ishlaydigan oddiy mexanizmlarga quyidagilar kiradi: richag, ko'chmas va ko'char bloklar, chig'iriq, vint (domkrat) va boshqa oddiy mexanizmlar.

1.48-rasm

2. Richag

Amaliyotda richagning turli xil ko'rinishlari ishlatiladi (1.48-rasm).

3. Bloklar va vintlar

Turmush va texnikada ko'char hamda ko'chmas bloklar sistemasidan foydalaniladi. Sistemada bloklar o'zaro ulanib, har xil darajali polispastlar hosil qilinadi. 1.49 *a*-rasmda bitta ko'char blok, 1.49 *b*-rasmda bitta ko'chmas va bitta ko'char blokli, 1.49 *d*-rasmda ikkita ko'char va bitta ko'chmas blokli polispastlar tasvirlangan. Darajali polispastda osilgan yuk og'irligi bloklarga o'ralgan arqonlarda taqsimlanadi.

Bloklarda ishqalanish bo'lmaganda polispastga qo'yiladigan kuch:

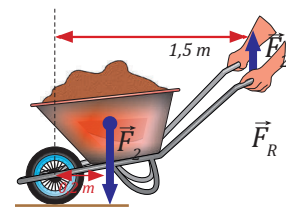
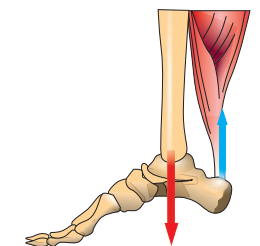
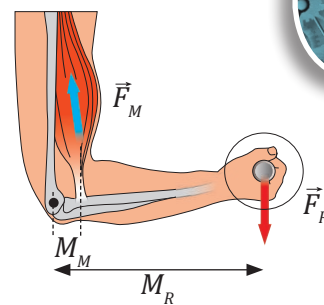
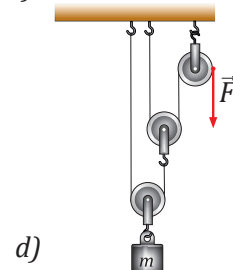
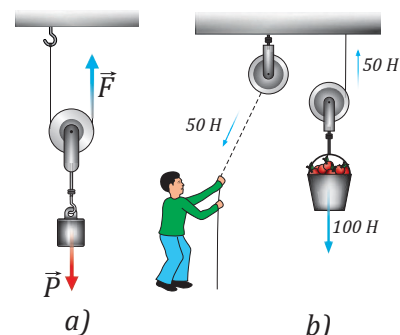
$$F = \frac{mg}{2^n} \quad (3)$$

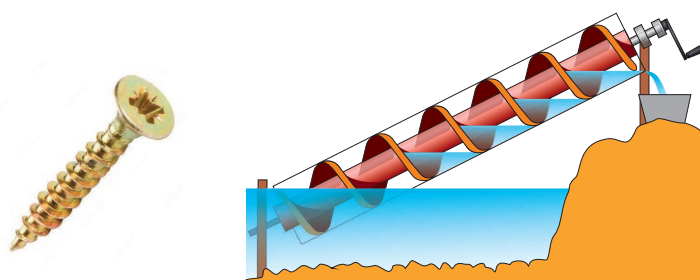
formula bilan topiladi. Bunda n – polispastdagi ko'char bloklar soni.

Agar bloklarda ishqalanish mavjud bo'lsa, qo'yiladigan kuchning bir qismi ishqalanish kuchlarini yengishga sarflanadi.

Ishqalanish bo'lganda polispastning FIKi:

$$\eta = \frac{mg}{2^n F} \quad (4)$$

formula orqali topiladi.

1.49-rasm

Vintlar (1.50-rasm).

1.50-rasm

4. Chig'iriq (lebyodka)lar va ponalar

Chig'iriqning kuchdan necha marta yutuq berishi

$$n = \frac{R}{r} \quad (5)$$

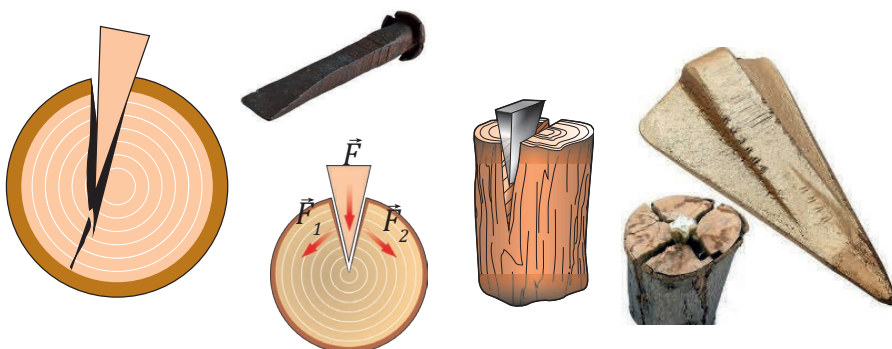
formula yordamida topiladi.

Lebyodkalarning kuchdan necha marta yutuq berishi

$$n = \frac{R_1}{r_1}\frac{R_2}{r_2} \quad (6)$$

formula yordamida topiladi. Bu yerda: R – barabanni aylantiruvchi ruchka chizayotgan radius, r – barabanning radiusi (1.51-rasm).

Ponalar

1.51-rasm

1. Chig'iriq qaysi jihatlari bilan richagga o'xshaydi?

2. Nima uchun tikroq zinadan chiqishga qaraganda qiyaroq zinadan chiqish osonroq?

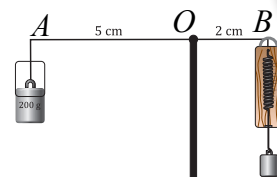
3. Nima uchun og'ir yuk (masalan, ryukzak) orqalab olgan odam oldinga biroz engashadi?

4. Oddiy mexanizmlardan yana qayerda foydalanilganini ko'rgansiz?

MASALALAR YECHISH

14-MAVZU

Masala yechish namunalari

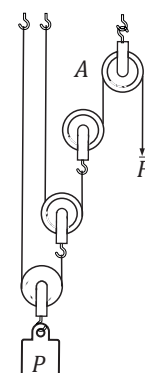
1. Rasmda tasvirlangan richagning A nuqtasida massasi 200 g bo‘lgan yuk osilgan. Richag muvozanatda turgan bo‘lsa, B nuqtaga osilgan dinamometr necha N kuchni ko‘rsatadi? AO = 5 cm, OB = 2 cm deb oling (1.52-rasm).

1.52-rasm

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
m = 200 g =0,2 kg l_1 = 5 cm = 0,05 m l_2 = 2 cm = 0,02 m	$\frac{F_1}{F_2}=\frac{l_2}{l_1}$; $F_1=mg$ $\frac{mg}{F_2}=\frac{l_2}{l_1}$ $F_2=\frac{l_1 mg}{l_2}$	$F_2=\frac{0,05\ \text{m}\cdot 0,2\ \text{kg}\cdot 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,02\ \text{m}}=5\ \text{N}$ **Javob:** F_2 = 5 N.
F_2 = ?		

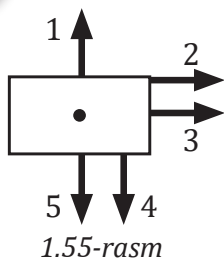
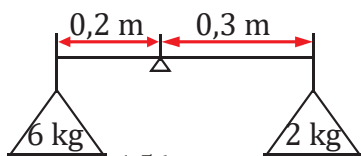
2. Rasmda tasvirlangan blok muvozanatda turishi uchun 10 kg massali yukni qaysi nuqtaga ilish kerak (1.53-rasm)?

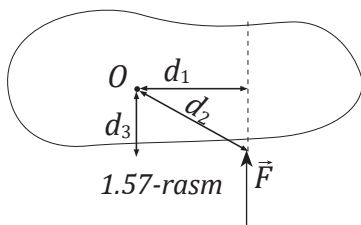
1.53-rasm

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
m_1=4 kg m_2=10 kg l_0 = 5 m; l_1 = 5 m l_2 = 4 m; l_3 = 3 m l_4 = 2 m; l_5 = 1 m	$M_1 = M_2$ $\frac{F_1}{F_2}=\frac{l_2}{l_1}$; $\frac{m_1 g}{m_2 g}=\frac{l_2}{l_1}$ $l_x=\frac{m_1 l_0}{m_2}$	$l_x=\frac{4\cdot 5}{10}=2\ \text{m}$ **Javob:** 10 kg li jismni markazdan hisoblaganda l_4 nuqtaga ilish kerak.
l_x = ?		

3. Og‘irlik kuchi P = 400 N bo‘lgan yukni tekis ko‘tarish uchun ipning uchidagi A nuqtaga necha N kuch qo‘yish kerak (1.54-rasm)?

1.54-rasm

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
P = 400 N	$F=\frac{mg}{2^n}$	$F_1=\frac{mg}{2}=\frac{P}{2}=\frac{400}{2}=200\,N$ $F_2=\frac{mg}{2}=\frac{P}{2}=\frac{200}{2}=100\,N$ $F_3=\frac{mg}{2}=\frac{P}{2}=\frac{100}{2}=50\,N$ **Javob:** F_3 = 50 N.
F_2 = ?		

11-mashq

1.55-rasm

1.56-rasm

1.57-rasm

1. 1.55-rasmda keltirilgan kuchlarning qaysilari jismni faqat ilgarilanma harakatga keltiradi? (O – massalar markazi).

2. Richagning kichik yelkasi uzunligi 5 cm, katta yelkasining uzunligi 30 cm ga teng. Kichik yelkasiga 12 N kuch ta'sir qiladi. Richagni muvozanatga keltirish uchun uning katta yelkasiga qanday kuch qo'yish kerak?

3. 1.56-rasmda ko'rsatilgan, yelkalari teng bo'lmagan tarozi muvozanatda bo'lishi uchun uning o'ng pallasiga yana necha kg massali yuk qo'yish kerak?

4. Richagning kichik yelkasiga 300 N, katta yelkasiga 20 N kuch ta'sir qiladi. Kichik yelkasining uzunligi 5 cm. Katta yelkaning uzunligini aniqlang.

5. 1.57-rasmda aylanish o'qi O nuqtadan o'tuvchi jismga ma'lum yo'nalishda *F* kuch qo'yilganligi tasvirlangan. Rasmda ko'rsatilgan kesmalarning qaysi biri *F* kuchning yelkasi bo'ladi?

6. Uzunligi 80 cm bo'lgan vaznsiz richagining chetlariga 200 g va 600 g massali yuklar osildi. Richag muvozanatda bo'lishi uchun katta yukdan qancha masofada tayanch qo'yish kerak?

7*. Domkrat yordamida massasi 1500 kg bo'lgan avtomobilni ko'tarish kerak. Bunda foydalaniladigan vint qadami 4 cm ga teng. Domkratni burovchi sterjen uzunligi 0,5 m bo'lsa, uni burovchi kuchni toping.

AMALIY TOPSHIRIQLAR

1. Yuk tashishga mo'ljallangan mashinalar yuk tushirish uchun kuzovni α burchakka ko'tardi. Ammo bu holatda yuk tushib ketmadi.

a) Yuk tushib ketmasligiga sabab nima?

b) Qanday shart bajarilsa, yuk harakatlana boshlaydi?

2. Qurilishda chelak bilan tuproq tortilmoqda. Ishchi chelakni tezlanish bilan yuqoriga ko'targanda chelakning ostki qismi ajralib tushdi.

a) Bu hodisaning sababini tushuntiring.

b) Chelak ishdan chiqmasligi uchun ishchiga qanday tavsiya berasiz?

3. Obid bilan Bunyod avtomobilda sayohatga chiqdi. Yo'lning yarmiga yetganda avtomobil balloni teshildi. Ammo ballonni almashtirish uchun avtomobilda domkrat yo'q ekan. Ular shu vaziyatda rasmda ko'rsatilgan jismlardan foydalanib avtomobilning ballonini almashtirib, sayohatini davom ettirdilar. Ular bu ishni qanday amalga oshirishdi? Javobingizni izohlang.

I BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Bir nuqtaga qo'yilgan 10 N va 14 N kuchlarning teng ta'sir etuvchisi 2 N, 4 N, 10 N, 24 N, qiymatlardan qaysi birini qabul qila olmaydi (qaysi biriga teng bo'la olmaydi)?

2. Qanday balandlikda erkin tushish tezlanishi Yer sirtidagi tezlanishning 25 foizini tashkil etadi?

3. Richagning uchlariga 2 va 18 N kuchlar ta'sir qiladi. Richagning uzunligi 1 m. Richag muvozanat holatida bo'lsa, tayanch nuqta qayerda joylashgan?

4. Oy radiusi 1700 km, undagi jismning erkin tushish tezlanishi 1,6 m/s^2 ga teng. Oy uchun birinchi kosmik tezlikni hisoblang.

5. Tezkor lift yerga nisbatan 5 m/s^2 tezlanish bilan tushmoqda. Vaqtning bir momentida liftning shiftidan bolt tushishni boshladi. Lift balandligi 2,5 m. Boltning tushish vaqtini aniqlang.

6. Gorizont bilan α burchak tashkil qiluvchi qiya tekislikdagi jism og'irlik kuchining jismni pastga tomon sirpantiruvchi tashkil etuvchisi qanday ifodalanadi?

7. Jism qiya tekislikda sirpanib tushmoqda. Ishqalanish koeffitsiyenti μ ning qaysi qiymatida jism tekis harakat qiladi: 1) $\mu>tg\alpha$; 2) $\mu<tg\alpha$; 3) $\mu=tg\alpha$?

8. Yuqoriga ko'tarilayotgan samolyot 5 km balandlikda 360 km/h tezlikka erishadi. Samolyotning tezligini oshirishga sarf bo'lgan ishdan ko'tarilishda og'irlik kuchiga qarshi bajarilgan ish necha marta katta?

9. Uzunligi 2,6 m va massasi 80 kg bo'lgan bir jinsli xoda ikki tayanchda yotibdi. Xodaning chap uchidan chap tayanchgacha bo'lgan masofa 0,2 m, xodaning o'ng uchidan o'ng tayanchgacha bo'lgan masofa esa 0,4 m. Xodaning chap tayanchga bosim kuchi qanday (N)?

10. Massasi 1 t bo'lgan quvur yerda yotibdi. Uni bir uchidan biroz ko'tarish uchun qanday kuch qo'yish kerak?

LOYIHA ISHI

Oddiy mexanizmlarni yasash

1.58-rasm

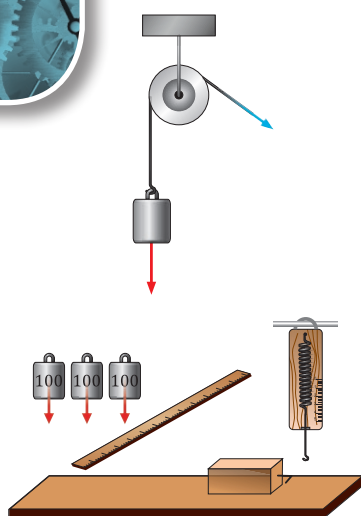
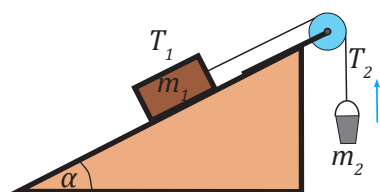
Ishning maqsadi: qiya tekislikni yasash va undan foydalanishni o‘rganish.

Kerakli asbob va materiallar: qalinligi 3-5 cm bo‘lgan uzun taxta, yog‘och brusok, chizg‘ich, yuklar to‘plami, dinamometr, blok, ip (1.58-rasm).

Ishni bajarish tartibi

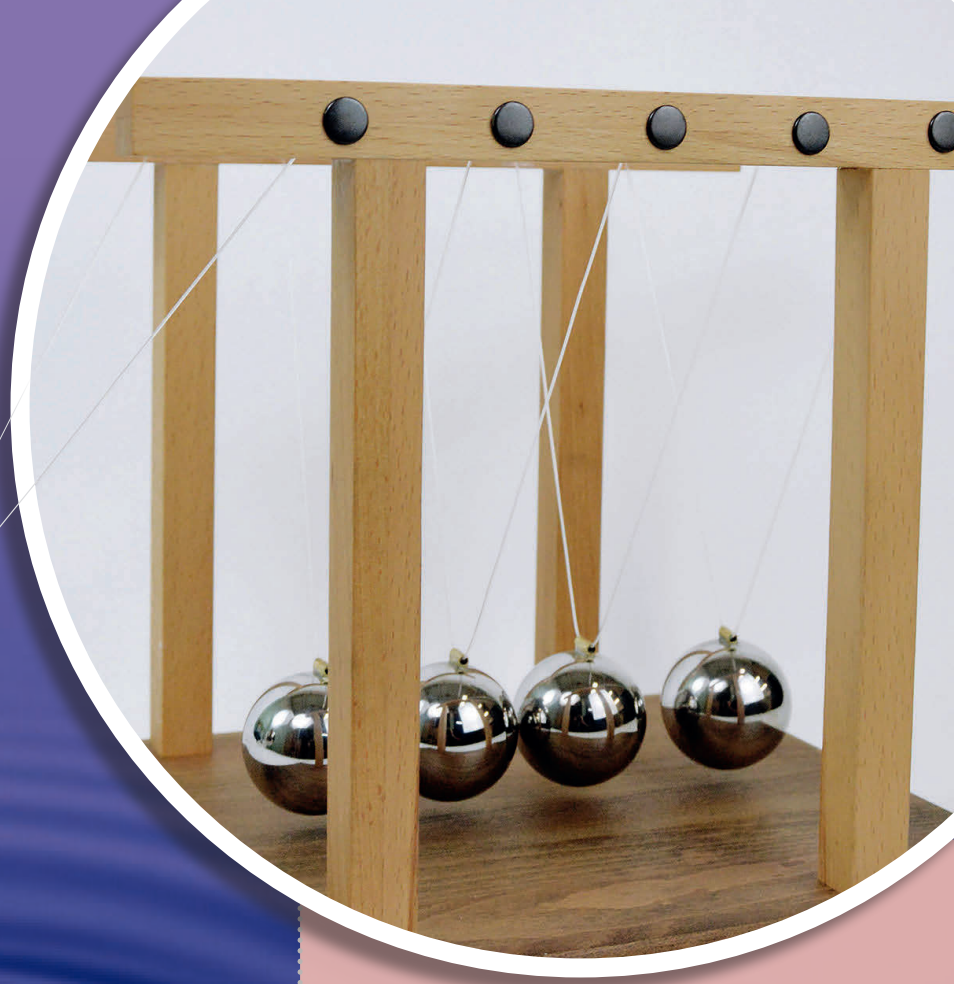
1. Uzun taxtadan 30 cm, 40 cm, 50 cm uzunlikdagi (bu o‘lchamlarni ixtiyoriy tanlash mumkin) bo‘laklarni kesib oling.
2. 1.59-rasmga qarab qurilmaning to‘g‘ri burchakli uchburchak qismini yig‘ing.
3. Yig‘ilgan to‘g‘ri burchakli uchburchakning vertikal tomoni uchiga ko‘chmas blokni o‘rnating.
4. Yog‘och brusok va chelakchani ip bilan blok orqali birlashtiring (1.60-rasm).

5. Qiya tekislik vertikal tomonidagi yukning og‘irlik kuchi ta’sirida yog‘och brusok qiya tekislik bo‘ylab sirpanishi uchun chelakcha ichiga yuklarni birin-ketin qo‘ying.

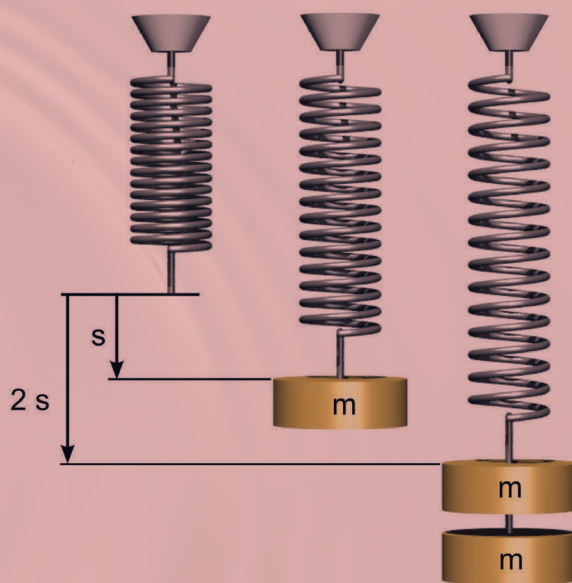
6. Yuqoridagilardan kelib chiqib xulosa qiling.

1.60-rasm

1.59-rasm

1. Yog‘och brusok qaysi holatda harakatga kelishini tushuntiring.
2. Brusok qanday shart bajarilsa, tekis harakat qiladi?
3. Brusok qaysi holda tezlanish bilan harakat qiladi?

II BOB

MEXANIK TEBRANISHLAR VA TO‘LQINLAR

Siz bu bobda quyidagi mavzular bo‘yicha ma’lumotlar olasiz:

- mexanik tebranishlar;
- matematik va prujinali mayatniklar;
- mexanik to‘lqinlar;
- tovush to‘lqinlari.

15-MAVZU

MEXANIK TEBRANISHLAR

1. Mexanik tebranishlar.
2. Erkin tebranishlar va majburiy tebranishlar.
3. Tebranish davri, chastotasi va siklik chastotasi.
4. Avtotebranishlar.
5. Rezonans hodisasi.
6. Garmonik tebranishlar.

Mashinasi loyga botib qolgan haydovchiga yordam berishda bir nechta odam avtomobilni "tebratishadi". Odatda tebratish biror buyruq bo'yicha bajariladi. Buyruq berish qaysi vaqtdaligi muhim ahamiyatga egami?

1. Mexanik tebranishlar

Kundalik turmushda tebranma harakatlarni ko'p uchratamiz. Masalan, daraxt shoxlarining tebranishi, musiqa asbobi torlarining tebranishi, yurakning urishi va boshqalar.

Aslida tebranish nima?

Tebranishlar tashqi va ichki kuchlar hisobiga sodir bo'ladi.

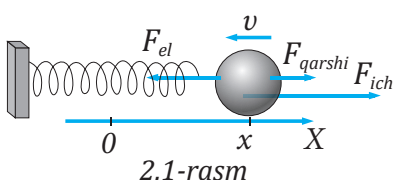
Muayyan vaqt oraliqlarida vaziyati davriy ravishda takrorlanib turadigan harakatga tebranma harakat yoki *tebranishlar* deyiladi.

Tebranma harakatning ikki turi mavjud:

– *erkin tebranishlar*;
– *majburiy tebranishlar*.

2. Erkin tebranishlar va majburiy tebranishlar

2.1-rasm

Prujinaga yoki ipga osilgan yukning tebranishi erkin tebranishga misol bo'ladi. Silliq gorizontal sirtda turgan jismni prujinaga mahkamlaymiz (2.1-rasm). Jismni muvozanat vaziyatidan chiqarib, uni qo'yib yuboramiz. Natijada jism muvozanat vaziyati atrofida tebranma harakatlanadi. Prujinada yuzaga kelgan elastiklik kuchi tebranma harakatni yuzaga keltiruvchi ichki kuch hisoblanadi. Harakatga qarshilik kuchi elastiklik kuchidan juda kichik bo'lsa, jismning harakati teng vaqtlar oralig'ida takrorlanadi.

Muvozanat vaziyatidan chiqarilib, qo'yib yuborilgach, jismning ichki kuchlar ta'siridagi tebranma harakati *erkin tebranishlar* deyiladi.

2.2-rasm

Aslida har qanday tebranuvchi jismga muhit tomonidan qarshilik kuchi ta'sir qiladi va tebranma harakatni so'ndiradi. Tebranishlar so'nmasligi uchun davriy ravishda unga tashqi kuch ta'sir etib turishi kerak (2.2-rasm).

Tashqi davriy kuch ta'sirida bo'ladigan tebranishlar *majburiy tebranishlar* deyiladi.

Majburiy tebranishlarga kundalik turmushdan ko'plab misollar keltirish mumkin. Masalan, radiokarnaylarning membranasi undan o'tuvchi majburlovchi tok ta'sirida tebranadi (2.3-rasm).

3. Tebranish davri, chastotasi va siklik chastotasi

Har qanday tebranuvchi jism ma'lum vaqt ichida davriy ravishda tebranadi. Bu jarayon tebranish davri va chastotasi deb ataluvchi fizik kattaliklar bilan tavsiflanadi.

Tebranma harakat qilayotgan jism bir marta to'liq tebranishi uchun ketgan vaqt *tebranish davri* deyiladi. Tebranish davri T harfi bilan belgilanadi.

Tebranish davrining birligi XBSda sekund (s) deb qabul qilingan.

Tebranish davri quyidagicha hisoblanadi:

$$T = \frac{t}{N} \quad (1)$$

Tebranayotgan moddiy nuqtaning tebranishi tez yoki sekin ekanligini bilish uchun *tebranish chastotasi* tushunchasi kiritiladi.

2.3-rasm

Vaqt birligidagi tebranishlar soniga teng bo'lgan fizik kattalik *tebranish chastotasi* deyiladi. Tebranish chastotasi ν (nyu) harfi bilan belgilanadi.

Tebranayotgan moddiy nuqta t vaqtda N marta tebranganda uning tebranish chastotasi:

$$\nu = \frac{N}{t} \quad (2)$$

formula bilan hisoblanadi.

Demak, (1) bilan (2) ifodalarga ko'ra, tebranish davri va chastotasi bir-biriga nisbatan teskari munosabatda bo'ladi.

Chastotaning birligi — $[\nu] = \frac{[N]}{[t]} = 1\ s^{-1}$=(Hz) gers (hers). Nemis fizigi Henri Hers sharafiga shunday nomlangan.

Henri Hers
(1857–1894)

Jismning 2π sekunddagi tebranishlari soni bilan tavsiflanadigan kattalik ***siklik chastota*** deyiladi. Siklik chastota ω (omega) harfi bilan belgilanadi.

$$\omega = 2\pi/T$$

Siklik chastotaning birligi XBSda $[\omega]$=1rad/s deb qabul qilingan.

Siklik chastota bilan tebranish davri hamda tebranish chastotasi quyidagicha bog'langan:

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu \quad (3)$$

Tebranishning siljishi va amplitudasi

Tebranayotgan jismning muvozanat vaziyatidan uzoqlashish masofasi uning ***siljishi*** deyiladi. Siljish $\boldsymbol{x}$ harfi bilan belgilanadi. Muvozanat vaziyatidan eng katta siljishi (uzoqlashishi) ***tebranish amplitudasi*** deyiladi. Amplituda $\boldsymbol{A}$ yoki $\boldsymbol{x}_{max}$ ko'rinishda belgilanadi (2.4-rasm).

2.4-rasm

4. Avtotebranishlar

So‘nmaydigan majburiy tebranishlar doimiy tebranib turishi uchun tashqi davriy kuch ta’sir etib turishi kerak. Lekin sistemadagi tebranishlar tashqi davriy kuch ta’sirisiz ham so‘nmaydigan bo‘lishi mumkin. Agar erkin tebrana oladigan sistemaning ichida energiya manbai bo‘lsa va bu manbadan tebranuvchi jismga yo‘qotgan energiyasi o‘rnini qoplash uchun zarur energiyaning kelib turishini sistemaning o‘zi rostlab tura olsa, bunday sistemada so‘nmaydigan tebranishlar yuzaga keladi.

Tashqi davriy kuch ta’sirisiz ichki manba energiyasi hisobiga yuzaga keladigan so‘nmas tebranishlar *avtotebranishlar* deyiladi.

2.5-rasm

Masalan, elektr energiyasi bilan ishlaydigan soatni, elektr qo‘ng‘iroqni, insonning yuragi va o‘pkasini ham avtotebranishli sistema deb qarash mumkin (2.5-rasm).

Tebranayotgan sistemaga ta’sir qiluvchi tashqi kuchning chastotasi, sistemaning xususiy tebranish chastotasiga tenglashganda majburiy tebranish amplitudasining keskin ortib ketish hodisasiga *rezonans* deyiladi.

5. Rezonans hodisasi

Majburiy tebranishlar foydali va ba’zida zararli oqibatlarga ham olib kelishi mumkin. Bunda zararli va foydali oqibatlar nimalardan iborat bo‘ladi?

Rezonans hodisasi texnikada va turmushda katta amaliy ahamiyatga ega. Rezonans hodisasidan faqat mexanik hodisalardagina emas, hatto elektrotexnikada, optikada va yadro fizikasida ham foydalaniladi. Masalan radiopriyomnik, televizor va hokazolarning ishlashi rezonans hodisasiga asoslangan.

Rezonans hodisasi ko‘pincha zararli oqibatlarga ham olib keladi. Masalan, ma’lum tovush chastotalarida ba’zan radiopriyomnik korpusi titraydi, doimiy ravishda ishlaydigan korxona dastgohlari qismlarining aylanishi natijasida rezonans hodisasi ro‘y berishi, natijada fundamentlar parchalanishi va buzilishi mumkin.

Rezonans hodisasining zararli oqibati

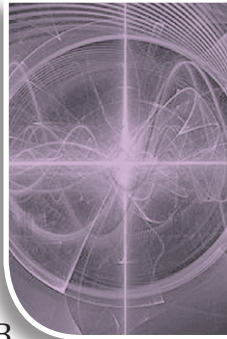
AQSHning Vashington shtatida joylashgan Takoma ko‘prigi 1940-yil 7-noyabrda shamol tezligi 65 km/h ga yetganda rezonans hodisasi sababli qulab tushgan.

6. Garmonik tebranishlar

Tagi teshik idishga qum to‘ldirib, ipga osib, tebratamiz. Idishning ostiga karton qog‘oz qo‘yib, bir tekis tortsak, to‘kilgan qumning qog‘ozdagi izi biror qonun bo‘yicha tebranayotganini kuzatishimiz mumkin.

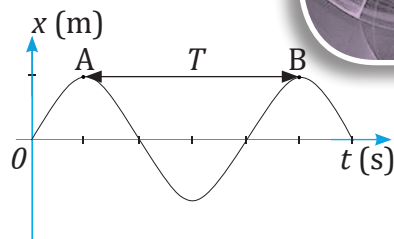
Bu tajribadan quyidagi xulosa kelib chiqadi. Tebranayotgan idishning siljishi vaqt o‘tishi bilan sinus yoki kosinus qonuni bo‘yicha o‘zgaradi (2.6-rasm).

Parametrlari sinus yoki kosinus qonuniyati bo‘yicha o‘zgaruvchi tebranma harakat *garmonik tebranishlar* deyiladi.

Garmonik tebranishlar eng sodda tebranishlardir. Garmonik tebranma harakat qilayotgan jismning siljishi quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$x = A\sin(\omega t+\varphi_0) \text{ yoki } x = A\cos(\omega t+\varphi_0) \qquad (5)$$

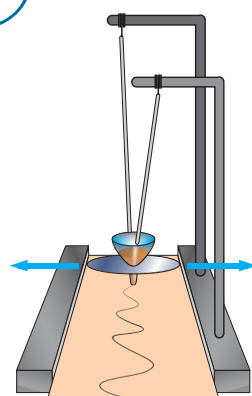
Bunda: A – tebranish amplitudasi, ω – siklik chastota, t – vaqt, φ_0 – boshlang‘ich faza.

Garmonik tebranma harakatda (5) formulaga asosan siljishni vaqt bo‘yicha o‘zgarish grafigi sinusoida (sinus qonuni bo‘yicha ifodalanadigan) grafigidan iborat bo‘ladi. Grafikning ikki qo‘shni do‘ngliklari orasidagi vaqt *tebranish davriga* teng bo‘ladi (2.7-rasm).

Soat mayatnigining harakati mexanik tebranish, elektr toki yo‘nalishining o‘zgarishi esa elektromagnit tebranishdir.

1. Arg‘imchoqqa bir kishi o‘rniga ikki kishi o‘tirsa, uning tebranish davri qanday o‘zgaradi?

2. Nima uchun poyezd to‘xtab turganda mashinist vagon g‘ildiraklarini urib chiqadi?

3. Qanday kattaliklar tebranma harakatni tavsiflaydi?

4. Ipga osilgan po‘lat sharcha ostiga kuchli magnit joylashtirilsa, sharchaning tebranish chastotasi qanday o‘zgaradi?

2.6-rasm

Masala yechish namunasi

Moddiy nuqtaning garmonik tebranish tenglamasi $x = 0{,}02\cos\pi t$ ko‘rinishga ega. Nuqtaning 0,25 s va 1/3 s dan keyingi siljishlarini toping.

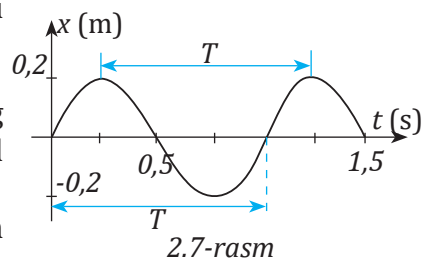
Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$x = 0{,}02\cos \pi t$ $t_1 = 0{,}25$ s $t_2 = 1/3$ s	$x = A\cos(\omega t)$	$x_1 = 0{,}02\cos(\pi 0{,}25) = 0{,}02\cdot\dfrac{\sqrt{2}}{2} = 0{,}0141$ m $= 1{,}41$ cm $x_2 = 0{,}02\cos(\pi 1/3) = 0{,}02\cdot 1/2 = 0{,}01$ m $= 1$ cm
x_1=? x_2=?		**Javob:** $x_1 = 1{,}41$ cm; $x_2 = 1$ cm.

12-mashq

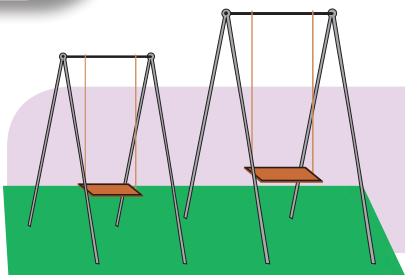
1. Nuqtaning tebranish tenglamasi $x = 0{,}2\sin\dfrac{\pi}{4}t$ (m) ko‘rinishga ega. Amplitudasini (A), davrini (T) va $t = T/4$ paytdagi siljishi x ni toping.

2. So‘nmas tebranma harakat qilayotgan moddiy nuqtaning amplitudasi 0,5 mm, chastotasi 2 kHz. Nuqta 0,1 s ichida qancha yo‘l bosadi?

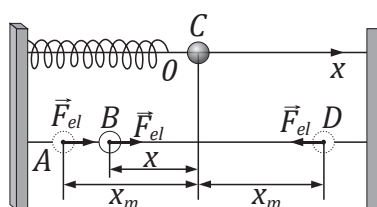
3. Harakat tenglamasi $x = 0{,}06\cos 100\pi t$ ko‘rinishga ega bo‘lgan moddiy nuqtaning tebranish amplitudasi, chastotasi va davrini toping.

4. Moddiy nuqtaning tebranishi $x = 0{,}2\sin(\pi t + \pi/2)$ (m) qonuniyat bo‘yicha o‘zgaradi. Tebranish amplitudasi A, davri T, siklik chastotasi ω, boshlang‘ich fazasi φ_0 ni toping.

2.7-rasm

16-MAVZU PRUJINALI VA MATEMATIK MAYATNIKLAR

1. Prujinali mayatnik.
2. Matematik mayatnik.

Ikki xil uzunlikdagi arg‘imchoqning qaysi birini tanlagan ma’qul? Sababini tushuntiring.

1. Prujinali mayatnik

Prujinaga mahkamlangan jism va elastiklik kuchi ta’sirida tebranma harakat qiladigan sistema *prujinali mayatnik* deyiladi.

2.8-rasm

Prujinaga yuk osilganda yuzaga keladigan elastiklik kuchi quyidagi formula

$$F = -k\Delta x \quad (1)$$

bilan hisoblanadi.

Bu yerda: k – prujinaning bikrligi, Δx – prujinaning qanchaga cho‘zilganligi yoki siqilganligi (2.8-rasm).

Prujinaga osilgan yukni muvozanat vaziyatidan A amplitudaga uzoqlashtirib, qo‘yib yuborsak, uning siljishi quyidagicha ifodalanadi:

$$x = A \cdot cos(\omega t) \quad (2)$$

Bunda ω – siklik chastota bo‘lib, u jismning massasi va prujinaning bikrligi orqali aniqlanadi:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}\ .$$

Prujinaga osilgan yukning tebranish davri va chastotasi esa:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (3)$$

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \quad (4)$$

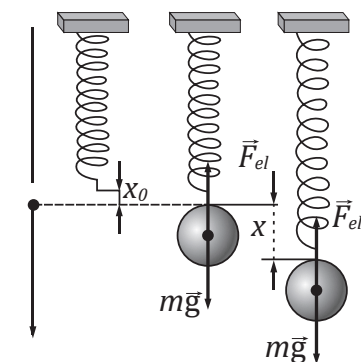
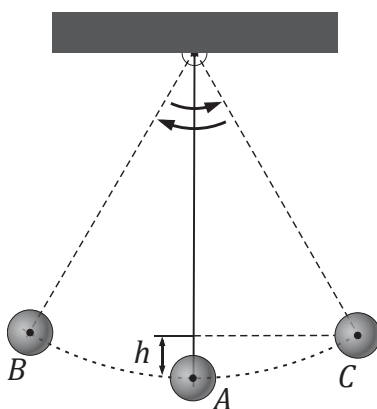
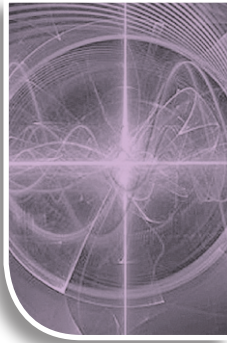
formulalar bilan ifodalanadi.

2. Matematik mayatnik

Cho‘zilmaydigan vaznsiz uzun ipga osilgan jism va og‘irlik kuchi ta’sirida tebranma harakat qiladigan sistema *matematik mayatnik* deyiladi.

2.9-rasm

Qarshilik kuchlarini e’tiborga olmasak, matematik mayatnik faqat og‘irlik kuchi ta’sirida garmonik tebranma harakat qiladi. Og‘irlik kuchi matematik mayatnik uchun ichki kuch hisoblanadi (2.9-rasm).

Ipga osilgan jismni muvozanat vaziyatidan chiqarib, qo‘yib yuborsak, xuddi prujinali mayatnik kabi tebranma harakat qiladi. Jismning og‘irlik markazidan siljishi quyidagicha yoziladi:

$$x = A \cdot cos(\omega t) \quad (5)$$

Siklik chastotaning mayatnik uzunligi (l) va erkin tushish tezlanishi (g) orqali aniqlanishi:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Matematik mayatnikning tebranish davri:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (6)$$

formula bilan topiladi.

Matematik mayatnik tebranish davrini aniqlovchi bu formula *Gyuygens formulasi* deb ataladi.

Matematik mayatnikning tebranish chastotasi:

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}} \quad (7)$$

formula bilan topiladi.

1. Prujinali mayatnikning siklik chastotasini ikki marta oshirish uchun uning qaysi fizik kattaliklarini o'zgartirish kerak va necha marta?

2. Matematik mayatnik qaysi kuch hisobiga tebranadi?

3. Qanday shart bajarilganda matematik mayatnikning tebranishlari garmonik bo'ladi?

4. Matematik mayatnik yuki muvozanat vaziyatidan tebranishni boshlasa, unda siljish ifodasi qanday yoziladi? Prujinali mayatnikda-chi?

Masala yechish namunasi

Birinchi mayatnikning tebranish davri 3 s, ikkinchisiniki 4 s ga teng. Ular uzunliklari yig'indisiga teng bo'lgan mayatnikning tebranish davrini toping.

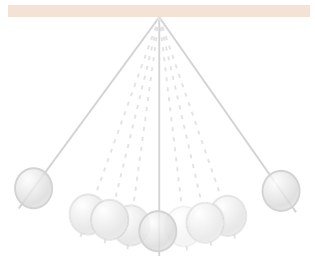
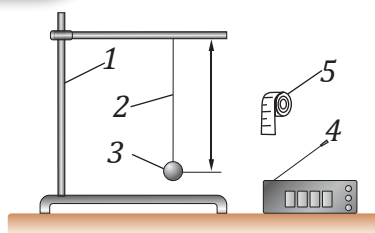
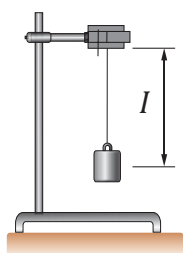
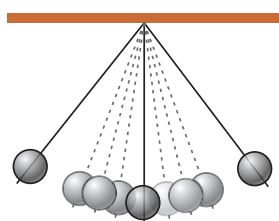
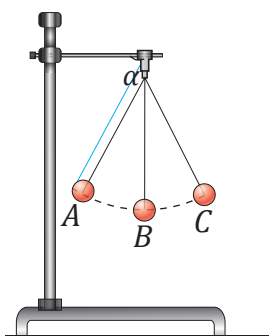
Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$T_1 = 3$ s; $T_2 = 4$ s	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}$ $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l_1+l_2}{g}}$ $l = l_1 + l_2$ $T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$	$T = \sqrt{3^2+4^2}$ s $= 5$s **Javob:** T = 5 s.
T=?		

13-mashq

1. Matematik mayatnik uzunligi 16 marta kamaysa, uning erkin (xususiy) tebranishlar davri qanday o'zgaradi?

2. Mayatnik erkin tebranganda eng chetki vaziyatiga bir minutda 15 marta og'di. Tebranishlar chastotasi nimaga teng?

3. Agar prujina 6 N kuch ta'sirida 1,5 cm cho'zilsa, unga osilgan 1 kg massali yukning tebranishlari davri qanday bo'ladi?

4. Prujinaga osilgan yuk 1 minut davomida 36 marta tebrandi. Tebranishlarning siklik chastotasini toping.

17-MAVZU LABORATORIYA ISHI MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI ANIQLASH

2.10-rasm

Ishning maqsadi: erkin tushish tezlanishini matematik mayatnik yordamida aniqlash usulini o'rganish.

Kerakli asbob-uskunalar: laboratoriya universal shtativi; cho'zilmas ip; sharcha; sekundomer; o'lchov lentasi (2.10-rasm).

Ishni bajarish tartibi

1. Shtativga ipni imkon boricha uzunroq holda mahkamlang.
2. Ipning uzunligini o'lchov lentasi yordamida o'lchang. Bunda shar radiusi mayatnik ipining uzunligidan juda kichik bo'lgani uchun uni hisobga olmasak ham bo'ladi (2.11-rasm).

2.11-rasm

3. Sharchani muvozanat vaziyatidan uncha katta bo'lmagan (6°–8°) burchakka og'dirib, qo'yib yuboring va shu onda sekundomerni ham ishga tushiring (2.12-rasm).
4. Matematik mayatnikning oldindan aniq belgilangan (masalan, 20 marta) tebranishlar sonining to'liq tebranishi uchun ketgan vaqtni yozib oling.
5. $T = t/N$ formuladan tebranish davrini toping.
6. $g = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ formulaga ko'ra erkin tushish tezlanishining son qiymatini toping.

2.12-rasm

7. Mayatnik ipining uzunligini o'zgartirmagan holda tebranishlar sonini N_2=30 va N_3=40 taga yetkazib tajribani takrorlang (2.13-rasm).
8. Olingan natijalar yordamida erkin tushish tezlanishi son qiymatlarini aniqlang.
9. Olingan natijalar asosida quyidagi jadvalni to'ldiring.
10. Absolyut va nisbiy xatoliklarni toping.

2.13-rasm

l_{ip} (m)	N, (marta)	t, (s)	g, (m/s²)	$\bar{g}_{o'rt}$ (m/s²)	Δg, (m/s²)	$\Delta\bar{g}_{o'rt}$, (m/s²)	$\varepsilon = \frac{\Delta\bar{g}}{g_{o'rt}} 100\%$
	20						
	30						
	40						

1. Matematik mayatnikning tebranish davri mayatnik sharchasining massasiga bog'liq bo'lmasligiga sabab nima?

2. Yerdan boshqa planetalarda shu tajriba o'tkazilsa, olingan natijalar farq qiladimi?

3. Matematik mayatnik tebranish davri uning o'lchamlariga bog'liqmi?

4. Yerning ekvatori va qutbida matematik mayatnikning tebranish davri bir xil bo'la oladimi?

18-MAVZU. MEXANIK TO‘LQINLAR

1. Ko‘ndalang va bo‘ylama to‘lqinlar.
2. To‘lqin tavsiflari.

Ariq bo‘yida suvning qirg‘oqqa urilishini sezmaymiz, ko‘l va daryolar havzasida suvning qirg‘oqqa urilayotganligini sezamiz. Nima uchun?

1. Ko‘ndalang va bo‘ylama to‘lqinlar

Okeanlar, daryolar va dengizlarning suv sirtida do‘nglik hosil bo‘lishi odatda *to‘lqin* deyiladi. To‘lqinlar qanday hosil bo‘ladi? Tebranma harakat biror muhitda sodir bo‘lsa, bunda tebranma harakat muhit zarralari bo‘ylab tarqaladi.

Mexanik tebranishlarning muhitda tarqalishi *mexanik to‘lqin* deyiladi.

To‘lqinlar tarqalganda muhit zarralari ko‘chmaydi, balki zarralar muvozanat vaziyati atrofida tebranadi. Zarradan zarraga tebranma harakat va to‘lqin energiyasi uzatiladi. Shuning uchun ham moddaning emas, balki energiyaning ko‘chishi barcha to‘lqinlarga xos xususiyatdir.

Mexanik to‘lqinlar ikki turga bo‘linadi:

1. Bo‘ylama.
2. Ko‘ndalang.

Bo‘ylama to‘lqinlarda muhit zarralari to‘lqin tarqalish yo‘nalishida tebranadi (2.14-rasm). Bo‘ylama to‘lqinlarga barcha tovush to‘lqinlari, ultratovushlar, suyuqlik ichida tarqaluvchi mexanik to‘lqinlar kiradi.

2.14-rasm

Ko‘ndalang to‘lqinlarda esa muhit zarralari to‘lqinning tarqalish yo‘nalishiga tik yo‘nalishda tebranadi (2.15-rasm). Ko‘ndalang to‘lqinlarga suv yuzasidagi to‘lqinlar, tebranayotgan ipda tarqalayotgan to‘lqinlar, elektromagnit to‘lqinlar kiradi.

2.15-rasm

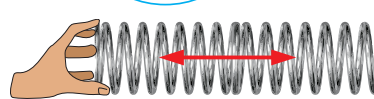
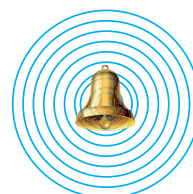
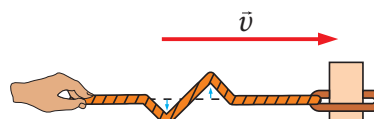
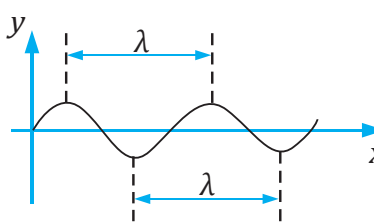
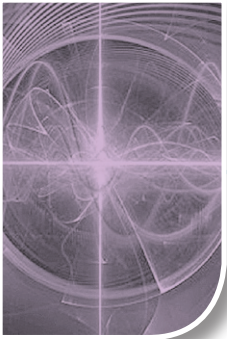
Gazlarda faqat bo‘ylama to‘lqinlar tarqaladi. Suyuqlik sirtida ko‘ndalang to‘lqin, suyuqlik ichida esa bo‘ylama to‘lqin tarqaladi. Qattiq jismlarda ham bo‘ylama to‘lqinlar, ham ko‘ndalang to‘lqinlar tarqaladi.

2. To‘lqin tavsiflari

Mexanik to‘lqinlar to‘lqin chastotasi, to‘lqin uzunligi, tarqalish tezligi kabi kattaliklar bilan tavsiflanadi.

To‘lqin chastotasi muhit zarralarining tebranish chastotasi bilan tushuntiriladi.

To‘lqindagi ***tebranishlar davri*** to‘lqin chastotasiga teskari bo‘lgan kattalikdir:

$$T = 1/\nu \qquad (1)$$

2.16-rasm

Bir marta to‘la tebranish davri davomida to‘lqin tarqaladigan masofaga *to‘lqin uzunligi* deb ataladi. To‘lqin uzunligi λ (lambda) harfi bilan belgilanadi, birligi uchun metr (m) qabul qilingan.

$$\lambda = \upsilon T \quad (2)$$

$$\lambda = \upsilon/\nu \quad (3)$$

bu yerda υ – to‘lqinning tarqalish tezligi, ν – chastota, T – davr (2.16-rasm).

1. Tabiatda qanday to‘lqinlarni uchratgansiz?

2. Ko‘ndalang va bo‘ylama to‘lqinlar orasida qanday farq bor?

3. To‘lqinlar o‘zi tarqaladigan moddani tashimaydilar, unda nega qirg‘oqqa suv to‘lqini kelib uriladi?

Masala yechish namunasi

Ko‘l yuzida hosil qilingan to‘lqinlar 6 m/s tezlik bilan tarqalmoqda. Bunda to‘lqinning qo‘shni do‘ngliklari orasidagi masofa 1,5 m. Unda qalqib turgan plastik idishning tebranish davri va chastotasi nimaga teng?

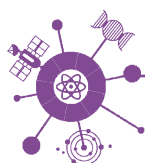
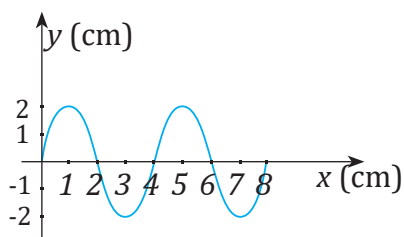
Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$\upsilon = 6$ m/s $\lambda = 1{,}5$ m	$\lambda = \upsilon T$ $\lambda = \upsilon/\nu$ $T = \lambda/\upsilon$ $\nu = \upsilon/\lambda;$	$T = \dfrac{1{,}5\,\text{m}}{6\ \text{m/s}} = 0{,}25\ \text{s} \quad \nu = \dfrac{6\ \text{m/s}}{1{,}5\ \text{m}} = 4\,\text{Hz}$
$T = ?\ \ \nu = ?$		**Javob:** $T = 0{,}25$ s; $\nu = 4$ Hz.

14-mashq

1. Baliqchi suvda hosil bo‘lgan to‘lqinlarning do‘ngliklari orasidagi masofa 6 m ga, ularning ko‘chish tezligi esa 2 m/s ga teng ekanligini aniqladi. U qarmog‘i po‘kagining bu to‘lqinlar sababli tebranishlari davrini aniqlasa, qanday qiymat chiqadi (s)?

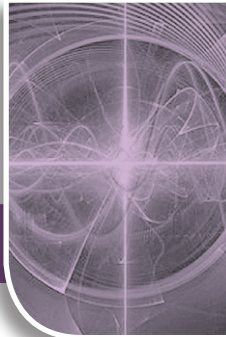
2. Ip bo‘ylab chastotasi 4 Hz bo‘lgan tebranishlar 8 m/s tezlik bilan tarqalmoqda. To‘lqin uzunligini toping (m).

3. Muhitda tarqalayotgan to‘lqinning davri 10 s, to‘lqin uzunligi 5 m bo‘lsa, to‘lqinning tarqalish tezligi nimaga teng bo‘ladi?

4. Agar elastik muhitda tarqalayotgan to‘lqin muhit zarralari 140 marta tebranguncha 70 m masofani bosib o‘tsa, bu to‘lqinning uzunligi (m) qancha?

Qo‘shimcha topshiriq

Chizmaga qarab to‘lqin uzunligini toping.

TOVUSH TO‘LQINLARI

19-MAVZU

1. Tovush nima?
2. Tovushning tezligi.
3. Tovush kattaliklari.
4. Ultratovushlar.
5. Infratovush.

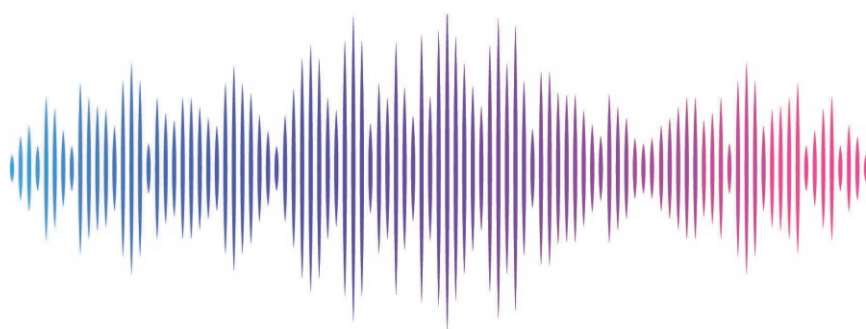
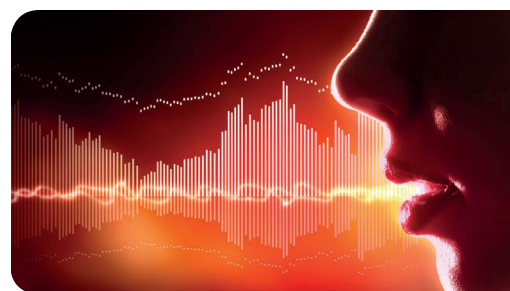
Nima sababdan teatr binolarining ichki qismi rasmda ko‘rsatilgandek quriladi?

1. Tovush nima?

Olam turli-tuman tovushlarga to‘la: soatning chiqillashi, mashina motorlarining guvullashi, barglarning shitirlashi, qushlarning sayrashi, shamolning guvullashi va hokazo. Aslida tovush nima va u qanday yuzaga keladi? Tovush qanday tarqaladi (2.17-rasm)?

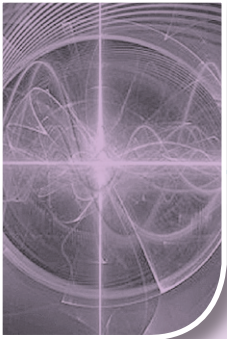
Inson eshita oladigan mexanik to‘lqinlarga *tovush to‘lqinlari* deyiladi.

Tovushning tarqalishi to‘g‘risida qadimgi odamlar tovushlar havoda titrayotgan jismlardan chiqayotganini sezganlar.

2.17-rasm

Tovush elastik muhitda tarqaladi, vakuumda tarqala olmaydi. Inson qulog‘i sezadigan tovush to‘lqinlarining chastotasi 17–20000 Hz oralig‘ida bo‘ladi. Tovush to‘lqinlari odam qulog‘iga yetib borganda quloq pardasini majburiy tebrantiradi va odam tovushni eshitadi.

2. Tovushning tezligi

Gazlarda tovushning tarqalishi. Stadionlarda turli uzoqlikda joylashgan radiokarnaylardan yoki ikkita qo‘shni uydagi televizordan chiqayotgan bir xil ovozning bir vaqtda emas, balki birin-ketin eshitilganligiga e’tibor berganmisiz? Osmonga otilgan mushaklarning oldin chaqnashi, keyin uning portlagan ovozi kelishiga-chi?

Tovush – gaz, suyuq yoki qattiq muhitda tarqaladigan elastik muhit zarralarining tebranma harakatidir.

Momaqaldiroq vaqtida, chaqmoq chaqnagandan so‘ng, ularning ovozi ancha keyin eshitiladi. Demak, havoda tovushning tarqalish tezligi yorug‘likning tarqalish tezligidan ancha kichik ekan. Havo

Aniq bir chastotali tovush chiqaradigan asbob *kamerton* deyiladi. Kamertonni 1711-yilda ingliz musiqachisi J. Shorom ixtiro qilgan va musiqa asboblarini sozlashda foydalangan. Kamerton ikki shoxli metall sterjendan iborat bo'lib, o'rtasida tutqichi bor.

Rezina tayoqcha bilan kamertonning bir shoxchasiga urilsa, ma'lum bir tovush eshitiladi. Kamertondan chiqadigan ovozni kuchaytirish uchun u yog'ochdan yasalgan qutiga o'rnatiladi. Bu qutining vazifasi – *rezonator*, ya'ni ovoz kuchaytirgich. Odamning og'zi kamertonga o'xshaydi. Til tebranuvchi jism bo'lsa, og'iz bo'shlig'i va tomoq rezonator vazifasini bajaradi (2.18-rasm).

2.18-rasm

temperaturasi 0 °C bo'lganda tovushning tarqalish tezligi taxminan υ = 330 m/s ga teng. Tovush to'lqinlarining tarqalish tezligi muhit turiga, muhitning holatiga va temperaturasiga bog'liq bo'ladi. Tovushning havodagi tarqalish tezligini birinchi bo'lib 1636-yilda fransuz olimi M. Mersen o'lchagan. Havo temperaturasi 20 °C bo'lganda tovushning tarqalish tezligi 343 m/s ga teng bo'lgan. Tovushning tezligi havo temperaturasi ko'tarilishi bilan ortadi.

Suyuqliklarda tovushning tarqalishi. Tovush to'lqinlari gazlarda tarqalgani kabi suyuqliklarda ham tarqaladi. Lekin har xil muhitlarda tovushning tarqalish tezligi har xil bo'ladi. Bunga sabab muhit zarralarining siyrak yoki zichroq joylashishidir. Suyuqliklar zichligi gazlarnikidan katta bo'lganligi uchun tovush suyuqliklarda kattaroq tezlikda tarqaladi. Bundan tashqari, tovushning suyuqlikdagi tezligi suyuqlik tarkibiga ham bog'liq. Tovushning suvdagi tezligini birinchi marta 1826-yilda J.D. Kolladon va Sh. Shturmlar Shveytsariyadagi Jeneva ko'lida o'lchagan. Bunda suv temperaturasi 8 °C hamda tovush tezligi 1440 m/s ga teng bo'lgan.

Qattiq jismlarda tovushning tarqalishi. Qattiq holatdagi moddalarning zichligi gaz yoki suyuqlik zichligiga nisbatan katta bo'lganligi sababli qattiq jismlarda tovush yana ham kattaroq tezlikda tarqaladi. Masalan, temirda temperatura 20 °C bo'lganda tovushning tarqalish tezligi 5850 m/s ga teng bo'ladi.

Gaz va suyuqliklardan farqli ravishda qattiq jismlarda ham bo'ylama, ham ko'ndalang to'lqinlar tarqaladi. Tovushning bo'ylama to'lqin tezligi:

$$\upsilon_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Ko'ndalang to'lqin tarqalish tezligi:

$$\upsilon_k = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

formula bilan hisoblanadi.

Bu yerda E – muhit uchun Yung moduli, G – siljish moduli.

Qattiq jismlarda bo'ylama to'lqinlarning tarqalish tezligi ko'ndalang to'lqinlarning tarqalish tezligidan deyarli ikki marta katta, chunki E>G.

Tovush to'lqinlari qanday muhitda tarqalishidan qat'i nazar, bo'ylama to'lqin hisoblanadi.

3. Tovush kattaliklari

Tovush qattiqligi. Tovush qattiqligi amplituda bilan o'lchanadi. Tovush energiyaga ega. Tovushning qattiqligi 1858-yilda nemis fiziklari V. Veber va G. Fexner tavsiya qilgan qonuniyat bo'yicha hisoblanib, ***Bel*** deb belgilangan birlikda tavsiflanadi. Bu birlik telefonni ixtiro qilgan A. Bell sharafiga qo'yilgan bo'lib, Bel, detsibel (dB)larda o'lchanadi. Inson qulog'ining og'riq sezish chegarasi 130 dB deb qabul qilingan (1dB = 0,1 B). Shunga ko'ra,

sekin suhbatning tovush qattiqligi 40 dB, shovqinniki 80 dB, samolyotniki esa 110–120 dB ga teng.

Tovush balandligi. Tovushning balandligi tovush chastotasi bilan tavsiflanadi. Erkak kishi tovushidan ayol tovushining chastotasi ancha katta bo'ladi.

Tovush tembri. Tovush tembri tebranishlarning chastotalar bo'yicha taqsimlanish sofligini tavsiflovchi kattalikdir. Bir xil notada ashula aytuvchi xonandalar turlicha tembrga ega bo'ladilar.

Erkaklar chiqaradigan asosiy tonga qarab ovozi "Bas" (80–350 Hz), "Bariton" (110–400 Hz), "Tenor" (230–520 Hz) kabilarga, ayollarniki "Soprano" (260–1050 Hz), "Kontralto" (170–780 Hz), "Messo-soprano" (200–900 Hz) va "Kolorator soprano" (260–1400 Hz) larga bo'linadi.

4. Ultratovushlar

Chastotasi 20 000 Hz dan katta bo'lgan tovush to'lqinlariga *ultratovushlar* deyiladi.

Ultratovush (lot. *ultra* – yuqori, haddan tashqari ortiqcha) larni inson qulog'i sezmaydi. Lekin ba'zi hayvonlarning sezgi organlari ultratovush yordamida ishlaydi. Masalan, ari, delfin, ko'rshapalak kabi hayvonlar to'siqlarni aniqlashda yoki o'ljasini topishda ultratovushdan foydalanadi.

2.19-rasm

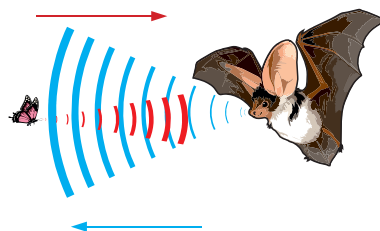
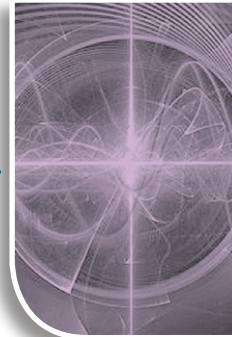
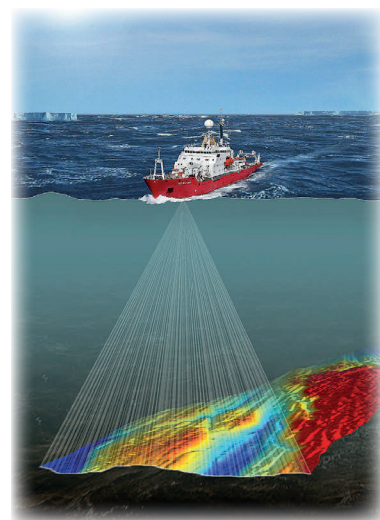
Ultratovush texnikada ham keng qo'llanadi. Masalan, moddalarning fizik xossalarini o'rganishda, jismlarga mexanik ishlov berishda, exolokatsiyada, tibbiyot va boshqa sohalarda (2.19-rasm). Exolokatsiya yordamida jismlarning turgan vaziyati yoki ulargacha bo'lgan masofa aniqlanadi. Buning uchun manbadan yuborilib, jismdan qaytib kelgan ultratovush qabul qilinadi (2.20-rasm). Ultratovushning jismga borib-kelish vaqti (t) bo'lsa, jismgacha bo'lgan masofa (s) quyidagicha aniqlanadi:

$$s = \frac{\upsilon t}{2}.$$

2.20-rasm

5. Infratovush

Chastotasi 17 Hz dan kichik bo'lgan elastik to'lqinlar *infratovush* deb ataladi.

Infratovush (*lot. infra* – quyi, past, ostida) – inson qulog'iga eshitilmaydigan past chastotali elastik to'lqinlardir. Infratovush muhitda juda kam yutiladi, shuning uchun u havo, suv va yer yuzida juda uzoq masofalarga tarqaladi. Infratovushning bu xususiyatlaridan atmosferaning yuqori qatlamlarini, Yer qobig'ini tadqiq qilishda, kuchli portlashning uzoqligini va dengizlarda tarqalayotgan to'lqin uzoqligini aniqlashda foydalaniladi (2.21-rasm).

2.21-rasm

1. Tovush qattiqligi nimaga bog‘liq?
2. Tovush balandligi nimaga bog‘liq?
3. Tovush to‘lqinlarining hosil bo‘lishini tushuntiring, ularni qanday kattaliklar tavsiflaydi?
4. To‘lqin bilan qanday kattalik uzatiladi?

Masala yechish namunasi

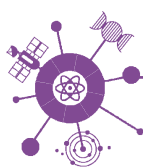
Qoya ro‘parasida turgan bola ovozining aks sadosini 2 s dan so‘ng eshitdi. Boladan qoyagacha bo‘lgan masofa qanchaga teng?

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$v = 340\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $t = 2$ s $s = ?$	$s = \frac{\upsilon t}{2}$	$s = \frac{340\frac{\text{m}}{\text{s}}\cdot 2\text{s}}{2} = 340$ m **Javob:** $s = 340$ m.

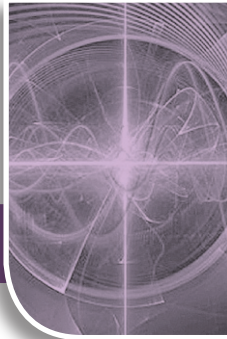
15-mashq

1. Exolotdan yuborilgan signal 1,6 sekunddan keyin qabul qilingan bo‘lsa, dengizning chuqurligi qanday (km)? Tovushning suvdagi tezligi 1500 m/s.

2. Tovush havodan suvga o‘tmoqda. Bunda uning chastotasi qanday o‘zgaradi? Tovushning suvdagi tezligi 1480 m/s, havoda tezligi 340 m/s ga teng.

3. Ikki temir yo‘l stansiyasi orasidagi masofa 8,3 km. Bir stansiyadan ikkinchi stansiyaga tovush rels orqali qancha vaqtda yetib keladi? (Tovushning 20 °C temperaturada po‘latdagi tezligi 5100 m/s).

Qo‘shimcha topshiriqlar

1. Shisha idish ichiga elektr qo‘ng‘iroq qo‘yilgan. Idish ichidagi havo so‘rib olingandan so‘ng elektr qo‘ng‘iroqning tovushi eshitilmay qoldi. Nima uchun tovush eshitilmay qoladi?

2. Tomoshabinlarsiz zalda tovush tomoshabinlar to‘la bo‘lgandagiga qaraganda baland eshitiladi, nima uchun? Sababini tushuntiring.

Masala yechish namunalari

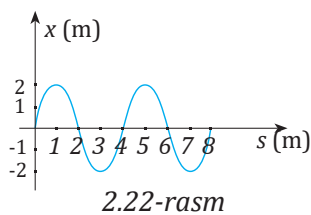
1. Jism $x = A\cos(\omega t)$ tenglamaga muvofiq tebranma harakat qilmoqda. Tebranuvchi jism 0,8 s da 50 cm siljisa, tebranish amplitudasini, davrini va chastotasini toping. $\omega = 2{,}5\pi\ s^{-1}$ deb oling.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$x = A\cos(\omega t)$ $x = 50$ cm $= 0{,}5$ m $\omega = 2{,}5\ \pi\ s^{-1}$	$A = \frac{x}{\cos(\omega t)}$ $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}$	$T = \frac{2\pi}{2{,}5\pi} s = 0{,}8$ s. $\nu = \frac{2{,}5\pi}{2\pi} \cdot \frac{1}{s} = 1.25\ s^{-1} = 1{,}25\,\text{Hz}$; $A = \frac{0{,}5\,\text{m}}{\cos\left(2{,}5\pi\frac{1}{s}\cdot 0{,}8\ \text{s}\right)} = 0{,}5\,\text{m}$ $\cos 2\pi = 1$ **Javob:** $T = 0{,}8$ s ; $\nu = 1{,}25$ Hz; $A = 0{,}5$ m.
$T = ?\ \nu = ?\ A = ?$		

2. Prujinaga m massali yuk osib, qo'yib yuborilganda u 9 cm ga cho'zilib, tebrana boshladi. Prujinaning tebranish davrini toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$\Delta x = 9$ cm$=9\cdot10^{-2}$ m	$F = -kx$; $F = P = mg$ $k\Delta x = \text{mg}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta x}{g}}$	$T = 2\cdot 3{,}14\cdot\sqrt{\frac{9\cdot10^{-2}\,\text{m}}{9{,}8\ \text{m/s}^2}} = 0{,}6\,\text{s}$ **Javob:** $T = 0{,}6$ s.
$T = ?$		

3. Ko'lda suv betidagi to'lqin 6 m/s tezlik bilan tarqaladi. Agar to'lqin uzunligi 3 m bo'lsa, uning tebranish davrini va chastotasini toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$\upsilon = 6$ m/s $\lambda = 3$ m	$\lambda = \upsilon T$ $\lambda = \frac{\upsilon}{\nu}$ $T = \frac{\lambda}{\upsilon}$ $\nu = \frac{\upsilon}{\lambda}$	$\text{T} = \frac{3\ \text{m}}{6\,\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0{,}5\ \text{s}$; $\nu = \frac{6\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{3\,\text{m}} = 2\,\text{Hz}$ **Javob:** $T = 0{,}5$ s, $\nu = 2$ Hz.
$T = ?\ \nu = ?$		

2.22-rasm

4. 2.22-rasmda tasvirlangan to‘lqinning uzunligini aniqlang (m).

Hisoblash: bunda ikki qo‘shni do‘nglik orasidagi masofa to‘lqinning uzunligiga teng bo‘ladi. Rasmdan ko‘rinib turibdiki, to‘lqin uzunligi 4 m ga teng.

16-mashq

1. Bikrligi 250 N/m bo‘lgan prujinaga osilgan jism 16 s ichida 20 marta tebrandi. Jismning massasini (kg) toping.

2. Ikkita matematik mayatnikka osilgan yuklar bir xil vaqt ichida biri 10 marta, ikkinchisi esa 30 marta tebrandi. Mayatniklar iplarining uzunliklari qanday nisbatda bo‘ladi?

3. Tebranish davri 2 s ga teng bo‘lganda mayatnik ipining uzunligi qanday bo‘ladi?

4. Jism X o‘qi bo‘ylab $x = 0{,}06sin(3\pi t)$ (m) qonunga muvofiq tebranmoqda. Jismning tebranish amplitudasini, davrini va chastotasini toping.

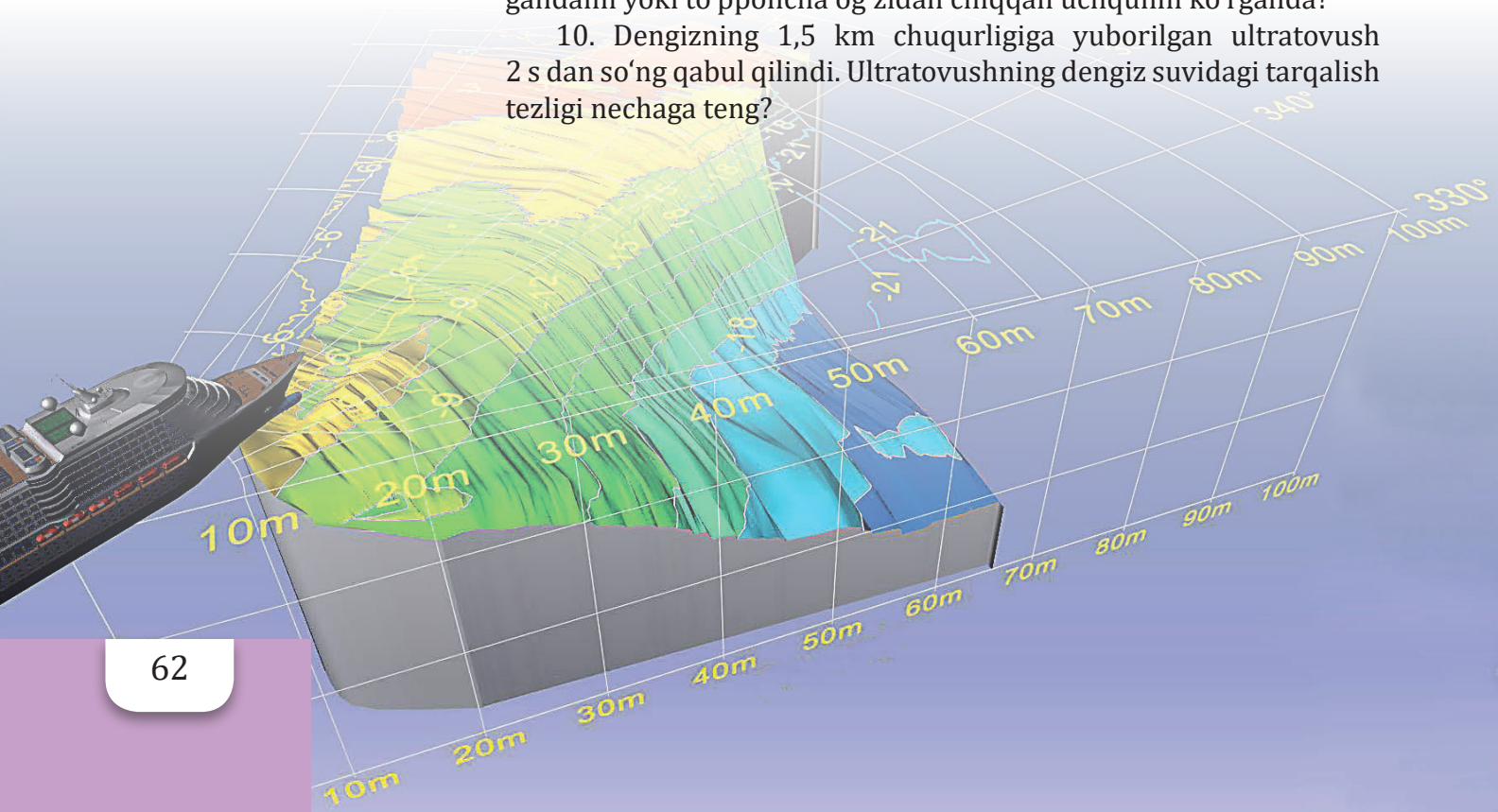
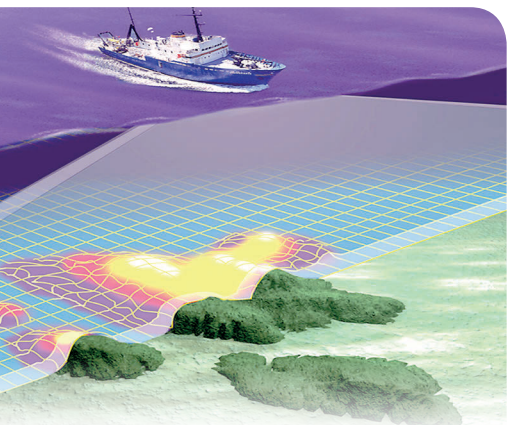
5. Bikrligi 160 N/m bo‘lgan prujinaga osilgan 400 g massali yukning tebranish chastotasini toping.

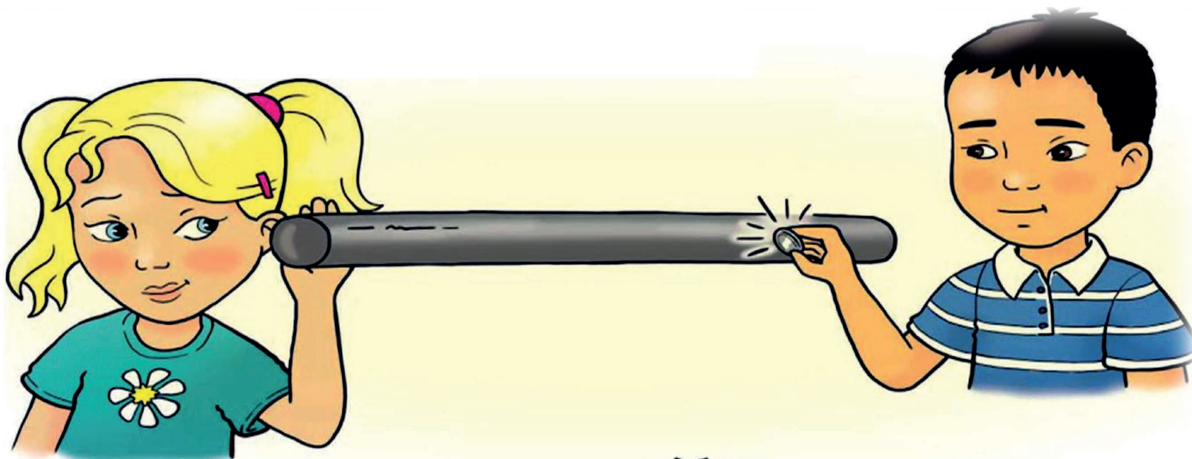
6. Momaqaldiroq vaqtida odam chaqmoq chaqqandan keyin 15 s o‘tgach, momaqaldiroqning gumburlagan tovushini eshitdi. Undan qancha masofa narida chaqmoq chaqqan? Tovushning havodagi tezligi 340 m/s.

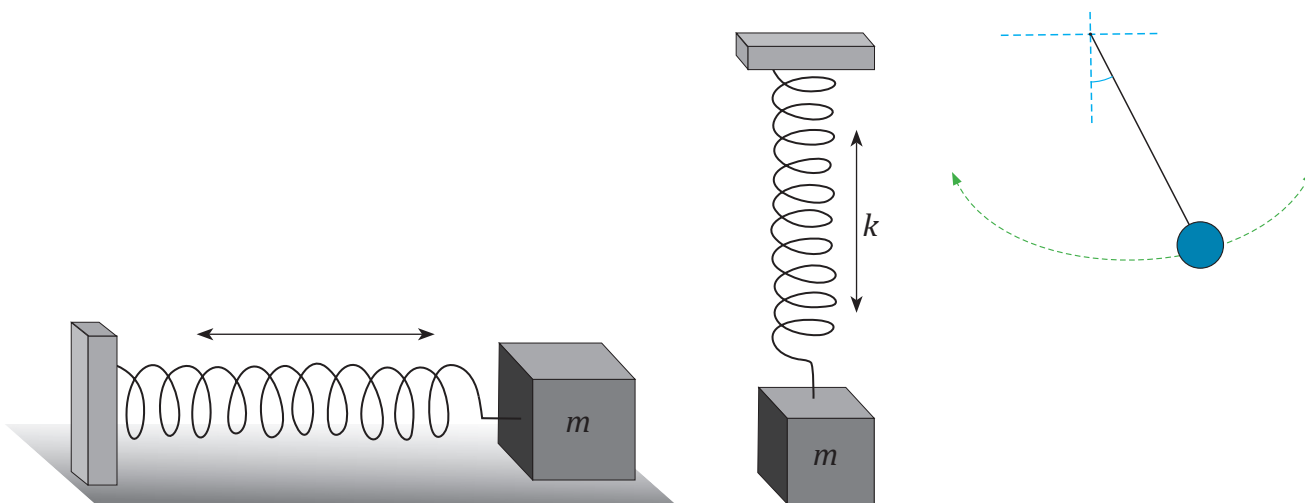
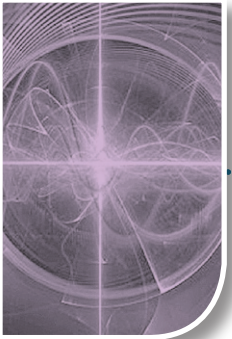
7. Tovushni qaytarayotgan to‘siqqacha bo‘lgan masofa 68 m. Qancha vaqtdan keyin odam aks sadoni eshitadi?

8. Dengizning chuqurligini exolot yordamida o‘lchashda ultratovush 0,6 s dan keyin qabul qilingan bo‘lsa, dengizning kema ostidagi chuqurligi necha metr? Tovushning suvdagi tezligi 1500 m/s.

9. Yugurish yo‘lkasining finishida turgan hakam qaysi paytda sekundomerni ishga tushirishi kerak? Start to‘pponchasi ovozini eshitgandami yoki to‘pponcha og‘zidan chiqqan uchqunni ko‘rganda?

10. Dengizning 1,5 km chuqurligiga yuborilgan ultratovush 2 s dan so‘ng qabul qilindi. Ultratovushning dengiz suvidagi tarqalish tezligi nechaga teng?

II BOB YUZASIDAN MANTIQIY FIKRLASHGA DOIR TOPSHIRIQLAR

1. Nima uchun tomosha zallarida old o'rindiqlarga chipta qimmatroq, orqa o'rindiqlarga esa arzonroq sotiladi?

2. Ushbu rasmda bola tanga bilan metall quvurni kuchsiz urganda qiz qaysi holda tovushni kuchliroq eshitadi?

3. Rasmlardagi tebranma harakat qilayotgan jismlarning harakatini tavsiflovchi fizik kattaliklarni chizmada chizib ko'rsating.

II BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Agar moddiy nuqta tebranishlari amplitudasi 4 cm bo‘lsa, uning bir to‘la tebranish davomida bosib o‘tgan yo‘li va ko‘chishi qanday (cm) bo‘ladi?

2. Jism 2 minutda 60 marta tebrandi. Tebranishlar chastotasi va davrini toping (Hz).

3. Matematik mayatnikning uzunligi 4 marta ortganda uning tebranishlar davri qanday o‘zgaradi?

4. Matematik mayatnik Yerdan Oyga ko‘chirilganda davri qanday o‘zgaradi? g_{oy}=1,6 m/s^2, g_{yer}=10 m/s^2 .

5. Amplitudasi A=10 cm, chastotasi ν=2 Hz va vaqtning boshlanishida nuqtaning siljishi eng katta (maksimal) bo‘lsa, garmonik tebranishlarning tenglamasini yozing.

6. Moddiy nuqtaning tebranishlari x=0,05cost tenglama bilan berilgan. Tebranishlarning davri, amplitudasini toping.

7. Nuqta chastotasi ν=10 Hz bo‘lgan garmonik tebranma harakat qilmoqda. Boshlang‘ich moment deb hisoblangan vaqtda nuqtaning maksimal siljishi x_m=1 mm ga erishgan. Nuqtaning tebranishlar tenglamasini yozing va grafigini chizing.

8. Torning biror nuqtasi 1 mm amplituda va 1 kHz chastota bilan tebranmoqda. Bu nuqta 0,2 s davomida qanday yo‘lni (cm) bosib o‘tadi?

9. Ko‘ndalang to‘lqinning birinchi va beshinchi do‘ngliklari orasidagi masofa 40 m. To‘lqin uzunligini (cm) toping. Tovush to‘lqinlari qanday chastota oralig‘ini egallaydi?

10. Ingichka elastik shnur bo‘ylab ko‘ndalang to‘lqin υ=15 m/s tezlik bilan tarqalmoqda, davri T=1,2 s ga teng bo‘lsa, to‘lqin uzunligini toping.

11. Baliqchi po‘kak 10 s ichida to‘lqinda 20 marta tebranganini payqadi. To‘lqinning qo‘shni do‘ngliklari orasidagi masofa 1,2 m. To‘lqinlarning tarqalish tezligi qanday?

III BOB

GIDRODINAMIKA VA AERODINAMIKA

Siz bu bobda quyidagi mavzular bo‘yicha ma’lumotlar olasiz:

- suyuqlik va gazlar harakati;
- harakatlanayotgan gaz va suyuqlik bosimining tezlikka bog‘liqligidan texnikada foydalanish.

21-MAVZU SUYUQLIK VA GAZLAR HARAKATI

1. Laminar oqim.
2. Turbulent oqim.
3. Oqim uzluksizligi.
4. Harakatlanayotgan suyuqliklar yoki gazlarda bosimning taqsimlanishi.

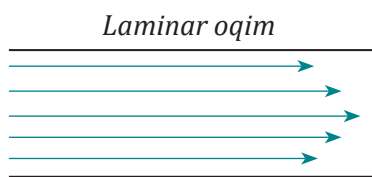
Sizningcha, xiyobonlardagi favvora (fontan) qanday ishlaydi?

Tabiatda suyuqliklarning tinch turgani yoki harakatdagi holatlariga koʻp guvoh boʻlganmiz. Quyi sinflarda tinch holatda turgan suyuqlik va gazlarning idish devoriga bergan bosimini oʻrganganmiz.

Suyuqlik va gazlarning harakatdagi holati ularning tinch holatidan farq qiladi. Bunga ishonch hosil qilish uchun ariqda oqayotgan suvni kuzataylik. Suv sekin yoki shiddat bilan oqishi mumkin. Bu ikki holda suvning oqish manzarasi har xil boʻladi. Bu holatlarni alohida oʻrganamiz.

1. Laminar oqim

Keng ariqlar yoki daryolarda sekin oqayotgan suvning chetki va oʻrta qismlari alohida qatlam-qatlam boʻlib oqadi. Buni suv sirtida oqib kelayotgan choʻplarning harakatida kuzatganmiz.

Suyuqlik yoki gazlarning qatlam-qatlam boʻlib oqishi *laminar oqim* deyiladi.

Laminar oqim

3.1-rasm

Laminar (lot. *lamina* – plastinka, qatlam) oqimda suyuqlik yoki gaz zarralari bir-birining yoʻllarini kesmasdan toʻgʻri yoʻnalishda oqadi. Shu sababli suyuqlik yoki gaz qatlamlari boshqa qatlamlarning harakatiga taʼsir qilmaydi (3.1-rasm). Suyuqlik yoki gaz biror nayda oqqanda suyuqlik yoki gazning nay devorlariga ishqalanishi tufayli qatlamlarning siljishi nayning oʻrta qismida tezroq, chetki qismlarida esa sekinroq boʻladi. Bu holat laminar oqim qatlamalari bir-biridan alohida koʻrinishda oqishiga olib keladi. Laminar oqimga tomirimizdagi qon oqimini, suvning daraxt tanasidagi kapillyar naylar boʻylab koʻtarilishini, sekin esayotgan shamolni va shunga oʻxshash hodisalarni misol qilib keltirish mumkin.

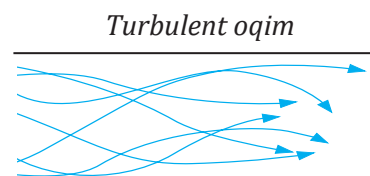
2. Turbulent oqim

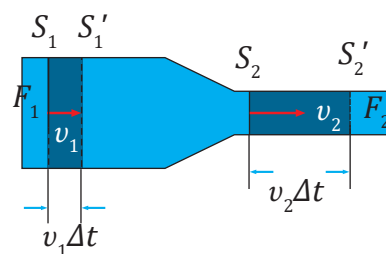
Suyuqlik yoki gaz tez oqqanda uning qismlari alohida qatlam koʻrinishida boʻlmasdan, girdob, yaʼni uyurma koʻrinishidagi harakatlarni hosil qiladi.

Suyuqlik yoki gazlarning uyurma, girdob hosil qilib oqishi *turbulent oqim* deyiladi.

Turbulent (lot. *turbulentus* – jo'shqin, tartibsiz) oqimda suyuqlik yoki gaz zarralari har xil yo'nalish bo'ylab tartibsiz harakat qiladi. Shu sababli suyuqlik yoki gaz alohida qatlamlari ta'sirlashib o'zaro aralashib ketadi (3.2-rasm).

3.2-rasm

Turbulent oqimni dengiz, daryo va okeanlardagi tornadolarda, qumli sahrolardagi qum bo'ronlarida, girdoblarda, atmosferadagi issiq va sovuq havo oqimlari almashinishi natijasida yuzaga kelgan uyurmali shamollarda va shunga o'xshash hodisalarda kuzatishimiz mumkin.

3. Oqim uzluksizligi

Suyuqlik yoki gazning naylardagi oqimini o'rganaylik. Suyuqlik yoki gaz bilan nay devori orasidagi ishqalanish juda kichik bo'lsin. Bunda ishqalanishni hisobga olmaymiz, shu sababli nay kesimi yuzasining barcha nuqtalarida oqim tezligi bir xil bo'ladi. Kesim yuzasi har xil bo'lgan nay orqali siqilmaydigan suyuqlikni nayning har xil joylaridagi oqim tezligi nimaga bog'liqligini aniqlaymiz. 3.3-rasmda ko'rsatilgan nayning S_1 yuzaga ega bo'lgan qismiga suyuqlik v_1 tezlik bilan kirib, S_2 yuzali qismidan v_2 tezlik bilan chiqib ketadi. Ma'lum bir Δt vaqt ichida S_1 yuzadan m_1 massali suyuqlik, S_2 yuzadan esa m_2 massali suyuqlik oqib o'tadi. Suyuqlik siqilmas bo'lganligi sababli u nayning biror joyida to'planib qolmaydi va nayning ixtiyoriy kesim yuzasi orqali bir xil Δt vaqt oralig'ida oqib o'tadigan suyuqliklar massasi teng bo'ladi. Ya'ni: $m_1 = m_2$. Suyuqlik massasini uning zichligi ρ va hajmi V orqali ifodalab ($m = \rho V = \rho S v \Delta t$), quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

3.3-rasm

$$\rho_1 S_1 v_1 \Delta t = \rho_2 S_2 v_2 \Delta t$$

bu yerda $\rho_1 = \rho_2$ bo'lgani uchun

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \qquad (1)$$

tenglamaga ega bo'lamiz.

Bu tenglama suyuqlik oqimining ***uzluksizlik tenglamasi*** deyiladi. Vodoprovod shlangidan suv sepayotganda suvni uzoqroqqa sepish uchun shlang uchi qisiladi. Shunda suv katta tezlikda otilib chiqadi (3.4-rasm).

3.4-rasm

Turli kesim yuzali nayda oqayotgan siqilmas suyuqlik tezligining son qiymati suyuqlik kesim yuzasiga teskari proporsional bo'ladi. Bu *siqilmas suyuqlik uchun oqimning uzluksizligi* deyiladi.

4. Harakatlanayotgan suyuqliklar yoki gazlarda bosimning taqsimlanishi

3.5-rasm

3.6-rasm

Oqayotgan suyuqlikning idish devoriga beradigan bosimi suyuqlikning oqim tezligiga bog‘liq bo‘ladi. Buni tajribada kuzatish mumkin. Tepa qismlariga ingichka o‘lchov naylari ulangan, turli yuzali nay bo‘ylab suyuqlik oqimini kuzatamiz (3.5-rasm). Suyuqlikning bir maromdagi oqimida har bir o‘lchov naylari bo‘ylab suyuqlik ko‘tariladi. Suyuqlik ustunlarining balandliklariga qarab suyuqlik nayning devorlariga berayotgan bosimini aniqlash mumkin. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, nayning keng qismidagi bosim uning tor qismiga nisbatan katta bo‘ladi. Suyuqlik oqimining uzluksizligi tenglamasiga muvofiq nayning keng qismida oqim tezligi kichik, tor qismida katta bo‘ladi. Suyuqlik bosimi oqim tezligiga bog‘liqligining matematik ifodasini 1738-yilda D. Bernulli aniqlagan.

Bernulli tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho \upsilon_1^2}{2} = p_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho \upsilon_2^2}{2} \qquad (2)$$

$$\text{yoki} \quad p + \rho g h + \frac{\rho \upsilon^2}{2} = \text{const} \qquad (3)$$

Bu yerda p – statik bosim, $\rho g h$ – suyuqlikning gidrostatik bosimi, $\frac{\rho \upsilon^2}{2}$ – suyuqlik oqimining gidrodinamik bosimi.

Daniyel Bernulli
(1700–1782)

Bernulli tenglamasiga asosan, suyuqlik oqayotgan nayning keng qismida gidrodinamik bosim kichik, gidrostatik bosim esa katta bo‘ladi. Shu sababli yuqoridagi tajribada (3.6-rasm) idishning keng qismiga o‘rnatilgan nay tor qismiga o‘rnatilgan nayga nisbatan kattaroq bosimni ko‘rsatadi.

Masala yechish namunasi

1. O‘zgaruvchan kesimli quvurning kesimi 50 cm² bo‘lgan qismida oqayotgan suvning tezligi 4 m/s ga teng bo‘lsa, kesimi 10 cm² bo‘lgan qismidagi suvning tezligini aniqlang.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$S_1 = 50\ \text{cm}^2 = 50\cdot10^{-4}\ \text{m}^2$ $S_2 = 10\ \text{cm}^2 = 10\cdot10^{-4}\ \text{m}^2$ $\upsilon_1 = 4$ m/s	$S_1\upsilon_1 = S_2\upsilon_2$ $\upsilon_2 = \frac{S_1\upsilon_1}{S_2}$	$\upsilon_2 = \frac{50\cdot10^{-4}\ \text{m}^2\cdot4\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10\cdot10^{-4}\ \text{m}^2} = 20\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\upsilon_2 = ?$		**Javob:** $\upsilon_2 = 20$ m/s.

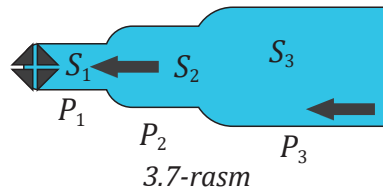
17-mashq

1. Agar bo‘yoq pultidan 25 m/s tezlik bilan suyuq bo‘yoq oqib chiqayotgan bo‘lsa, kompressor bo‘yoq pultida qanday bosim hosil qiladi? Bo‘yoqning zichligi 0,8 g/cm^3 ga teng.

2. Bir quvurdan ikkinchi quvurga o‘tganda suyuqlik oqim tezligi 2,8 marta ortsa, quvurning ko‘ndalang kesim yuzi qanday o‘zgarishini aniqlang.

3. 3.7-rasmda ko‘rsatilgandek ulangan suv oqayotgan vaqtda K jo‘mrak berkitildi. Bunda quvurning turli diametrli joylaridagi bosimlar orasida $p_1 = p_2 = p_3$ munosabat yuzaga keldi. Suv oqayotgan vaqtda bu bosimlar orasida qanday munosabat bo‘lgan?

3.7-rasm

4. Neft quduqdan diametri 60 mm bo‘lgan quvur orqali ko‘tariladi. Har soatda 9,12 t neft ko‘tarilayotgan bo‘lsa, neftning oqish tezligini toping. Neftning zichligi 800 kg/m^3.

1. Suyuqlikning dinamik bosimi deganda nimani tushunasiz?

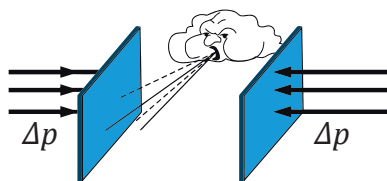
2. O‘zingiz yashaydigan joyda suvlar qanday ko‘rinishda oqishini ta’riflab bering.

3. Nima sababdan suyuqlik tezligi ortsa, uning bosimi kamayadi?

22-MAVZU

HARAKATLANAYOTGAN GAZ VA SUYUQLIK BOSIMINING TEZLIKKA BOG'LIQLIGIDAN TEXNIKADA FOYDALANISH

1. Samolyot qanotini ko'taruvchi kuch.
2. Magnus effekti.
3. Idishdagi tirqishdan otilib chiqayotgan suyuqlik tezligini hisoblash.

Nega tez harakatlanayotgan poyezd yaqinida turish xavfli?
Javobingizni izohlang.

3.8-rasm

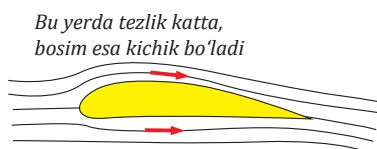
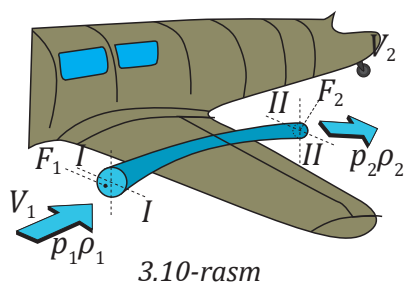
Suyuqlik tinch holatda turganiga nisbatan harakat holatida bo'lganida bosim o'zgarishi bilan tanishdik. Bosimning bu o'zgarishi dinamik bosim, suyuqlik yoki gazning tezligiga bog'liq bo'lishini kuzatish uchun quyidagicha tajriba o'tkazaylik. Ikki varaq qog'oz olib, tik holatda ushlaylik. So'ng qog'oz orasiga puflaylik (3.8-rasm). Shunda qog'ozlar bir-biriga intilib yaqinlashadi. Buning sababi shundaki, qog'ozlar orasidagi havo puflash natijasida harakatga keladi va ular orasidagi bosim kamayadi. Qog'ozlarning tashqi tomonidagi bosim ichki qismidagidan katta bo'lib qolganligi tufayli qog'ozlarni siquvchi kuch paydo bo'ladi. Bir tomonga harakatlanayotgan ikkita kema ba'zan hech qanday sababsiz to'qnashib ketganligi kuzatilgan. Buning sababi ham xuddi ikkita qog'oz varag'i orasiga puflanganida bosimlar farqi hosil bo'lishiga o'xshashdir.

1. Samolyot qanotini ko'taruvchi kuch

Bu yerda tezlik katta, bosim esa kichik bo'ladi

3.9-rasm

3.10-rasm

Samolyotlarning parvozi qanotlarining maxsus tuzilishiga bog'liq (3.9-rasm). Samolyot qanoti suyri shakliga ega bo'ladi. Qanotga kelib urilayotgan shamol ikkita oqimga ajraladi. Qanotning ostki va ustki tomonlari bo'ylab o'tgan shamol oqimlari qanotdan o'tib, bir vaqtda uchrashadi. Ustki qismida shamol o'tishi kerak bo'lgan yo'l pastki qismidagi yo'ldan kattaroq bo'lganligi sababli ustki qismidagi shamol tezligi pastki qismidagi shamol tezligidan kattaroq qiymatga ega bo'ladi. Bernulli tenglamasiga muvofiq, qanotning ustki qismida havoning statik bosimi (p_1) kichikroq, ostki qismidagi bosim (p_2) esa kattaroq bo'ladi. Qanotning ostki va ustki qismlaridagi bosim kuchlari $F_1 = p_1S_1$ va $F_2 = p_2S_2$ turli qiymatga ega bo'lib, ular pastdan yuqoriga yo'nalgan natijaviy bosim kuchini yuzaga keltiradi. Ushbu natijaviy bosim kuchi:

$$F_k = p_2S_2 - p_1S_1$$

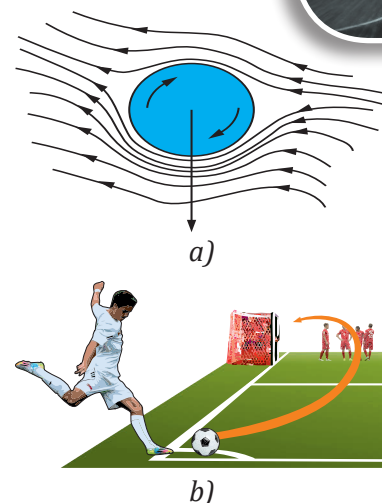
samolyotni ko‘taruvchi kuch vazifasini o‘taydi (3.10-rasm).

2. Magnus effekti

Futbol maydonida burchakdan tepilgan to‘p to‘g‘ri yo‘nalishdan og‘ib, darvozaga kirganini kuzatganmiz. Mahoratli futbolchilarning to‘pga bergan zarbasi natijasida u ilgarlanma harakat qilish bilan bir vaqtda aylanma harakat ham qiladi. To‘p aylanma harakat qilishi natijasida uning chap va o‘ng tomonlaridan oqib o‘tayotgan havo oqimining tezligi o‘zgaradi va bosimlar farqi yuzaga keladi. Bosimlar farqi esa to‘p darvoza tomonga burilishiga sabab bo‘ladi. (3.11-rasm).

3.11-rasm

Suyuqlik yoki gaz aylanuvchi jism atrofidan oqib o‘tganda sodir bo‘ladigan fizik hodisaga ***Magnus effekti*** deyiladi.

Bu hodisada oqimga tik yo‘nalgan jismga ta’sir etuvchi kuch paydo bo‘ladi. Shu sababli harakatlanib ketayotgan jism bir tomonga qarab og‘adi. Bu effektni 1853-yilda nemis fizigi Henrix Magnus kashf etgan.

Henrix Gustav Magnus
(1802–1870)

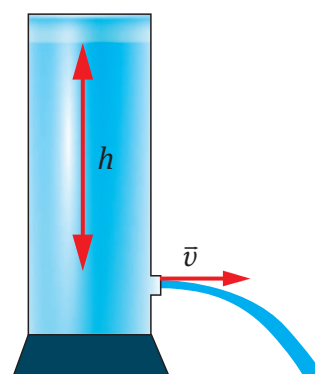
3. Idishdagi tirqishdan otilib chiqayotgan suyuqlik tezligini hisoblash

Yon qismida tirqishi bo‘lgan idishga suyuqlik quyilganda tirqishdan suyuqlik qanday tezlik bilan otilib chiqishini aniqlaylik. Tirqish suyuqlik sathidan vertikal bo‘yicha h masofada joylashgan bo‘lsin (3.12-rasm). Tirqish yuzasi idishning kesim yuzasidan juda kichik bo‘lganligi sababli idishdagi suyuqlik sirtining pasayish tezligi suyuqlikning tirqishdan otilib chiqish tezligidan juda ham kichik bo‘ladi. Shu sababli suyuqlik sirtining tezligini hisobga olmaymiz. Idishdagi suyuqlikning ustki yuzasidagi bosim, atmosfera bosimi p_o ga teng. Suyuqlik chiqadigan tirqishning tashqi qismidagi bosim ham atmosfera bosimi p_o ga teng. Tirqishdan chiquvchi suyuqlik tezligini υ bilan belgilab, bu ikkita joy uchun Bernulli tenglamasini qo‘llaymiz:

$p_0 + \rho \dfrac{\upsilon_1^2}{2} = p_0 + \rho gh$ formuladan:

$\upsilon = \sqrt{2gh}$ hosil bo‘ladi.

3.12-rasm

Bu ideal suyuqlik uchun *Torrichelli formulasi* deyiladi.

1. Magnus effektidan yana qaysi joylarda foydalanish mumkin?
2. Varrak qanday kuchlar ta’sirida yuqoriga ko‘tariladi?
3. 3.12-rasmdagi idishdan otilib chiqayotgan suyuqlik tezligi tirqish yuzasiga bog‘liqmi?

Loyiha ishi. Jismning suyuqlik yoki gazlardagi harakatiga oid qurilmalar yasash (o‘quvchilar mustaqil bajarishadi).

23-MAVZU MASALALAR YECHISH

Masala yechish namunalari

1. Trubaning ko‘ndalang kesimidan yarim soatda 500 *l* karbonat angidrid gazi oqib o‘tganligi ma’lum bo‘lsa, trubadagi gazning oqim tezligini toping. Trubaning diametri 2 cm ga teng.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$V = 500\ l = 0{,}5\ m^3$ $D = 2\ cm = 0{,}02\ m$ $t = 0{,}5\ soat = 1800\ s$ $\upsilon = ?$	$V = \pi \frac{D^2 l}{4}$; $\upsilon = \frac{l}{t}$ $l = \frac{4V}{\pi D^2}$; $\upsilon = \frac{4V}{\pi D^2 t}$	$\upsilon = \frac{4 \cdot 0{,}5\ m^3}{3{,}14 \cdot 4 \cdot 10^{-4}\ m \cdot 1800\ s} = 0{,}88\ \frac{m}{s}$ **Javob:** $\upsilon = 0{,}88$ m/s.

2. Trubaning ko‘ndalang kesimidan yarim soatda 0,51 kg karbonat angidrid gazi oqib o‘tganligi ma’lum bo‘lsa, trubadagi gazning oqim tezligini toping. Gazning zichligi 7,5 kg/m³ ga teng deb oling. Trubaning diametri 2 cm ga teng.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$m = 0{,}51$ kg $\rho = 7{,}5\ kg/m^3$ $D = 2\ cm = 0{,}02\ m$ $t = 0{,}5\ soat = 1800\ s$ $\upsilon = ?$	$V = \pi \frac{D^2 l}{4} = \frac{m}{\rho}$; $\upsilon = \frac{l}{t}$ $l = \frac{4m}{\pi \rho D^2}$; $m = V\rho$; $\upsilon = \frac{4m}{\pi D^2 \rho t}$	$\upsilon = \frac{4 \cdot 0{,}51\ kg}{3{,}14 \cdot (0{,}02\ m)^2\ 7{,}5\ \frac{kg}{m^3} \cdot 1800\ s} = 0{,}12\ \frac{m}{s}$ **Javob:** $\upsilon = 0{,}12$ m/s.

3. Bo‘yi 5 m bo‘lgan sisternada yerdan 50 cm balandlikda jo‘mrak o‘rnatilgan. Jo‘mrak ochilsa, undan suyuqlik qanday tezlik bilan otilib chiqadi (3.12-rasm)?

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$H = 5$ m $h = 50\ cm = 0{,}5\ m$ $\upsilon = ?$	$\upsilon = \sqrt{2g(H-h)}$	$\upsilon = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}(5-0{,}5)m} =$ $= \sqrt{20 \frac{m}{s^2} \cdot 4{,}5m} \approx 9{,}5 \frac{m}{s}$ **Javob:** $\upsilon \approx 9{,}5$ m/s.

18-mashq

1. Vodoprovod quvurining tirqishidan suv tik yuqoriga 1,25 m balandlikkacha otilayotgan boʻlsa, suvning quvur tirqishidan otilib chiqish tezligini toping.

2. Quvurning tor qismida suvning oqish tezligi 2 m/s. Diametri 2 barobar katta boʻlgan qismida suv qanday tezlik bilan oqadi?

3. Suv sarfi oʻzgarmagani holda quvurda suvning oqish tezligi 1,21 marta kamaygan boʻlsa, quvurning koʻndalang kesim yuzi qanday oʻzgargan?

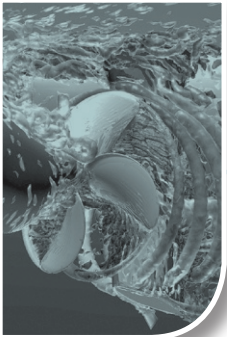
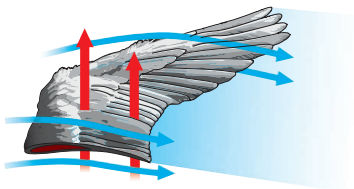
4. Kesimi oʻzgaruvchan, gorizontal joylashgan quvurdan suv oqadi. Quvurning diametri keng qismida suvning tezligi 20 cm/s boʻlsa, diametri undan 1,5 marta kichik boʻlgan tor qismida suvning tezligini aniqlang.

5. Gorizontal joylashgan quvurning keng qismida neftning oqish tezligi 2 m/s. Agar quvurning keng va tor qismlaridagi statik bosimlar farqi 6,65 kPa boʻlsa, quvurning tor qismida neftning tezligini aniqlang.

6. Qanotlarining yuzi 40 m^2 ga teng boʻlgan samolyot gorizontal uchgan paytda qanotlari ostidagi havo bosimi 98 kPa, qanotlari ustidagisi esa 97 kPa ga teng boʻlsa, ularning koʻtarish kuchi qancha (kN) ga teng boʻladi?

7. Daryo suvi uning qaysi qismida tez oqadi? Suvning sirtki qismidami yoki daryoning ma’lum chuqurligidami? Daryo oʻrtasidami yoki qirgʻoqqa yaqin qismidami?

8. Suv quvuri teshilib, tepaga suv otilib chiqa boshladi. Agar tirqish yuzasi 4 mm^2, suvning otilib chiqish balandligi 80 cm boʻlsa, bir sutkada qancha (kg) suv isrof boʻladi?

9. Boʻyi 5 m boʻlgan sisterna tagiga joʻmrak oʻrnatilgan. Joʻmrak ochilsa, suyuqlik qanday tezlik bilan otilib chiqadi?

BOB YUZASIDAN MANTIQIY FIKRLASHGA DOIR TOPSHIRIQLAR

1. Ikkita yonayotgan sham yonma-yon joylashgan, ular orasiga nay orqali puflansa, alanga yaproqlari bir-biriga yaqinlashadi. Shu tajribani bajaring va xulosa qiling.

2. Rasmdan foydalanib qushning qanotiga ta’sir etuvchi omillarni daftaringizga yozing.

III BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Suyuqlik oqayotgan nayning turli kesim yuzalari orasidagi munosabat $S_2 = 5S_1$ bo‘lsa, bu kesmalardagi oqim tezliklarining nisbatini toping.

2. Quvurning keng qismida suvning oqish tezligi 2 m/s bo‘lsa, uning diametri 2 marta kichik bo‘lgan tor qismida suvning oqish tezligi qancha bo‘ladi (m/s)?

3. Quvurdagi suv oqimining tezligi 2 m/s. Quvurdan har soatda 7200 kg suv oqib o‘tsa, uning ko‘ndalang kesim yuzi necha cm^2 ga teng?

3.13-rasm

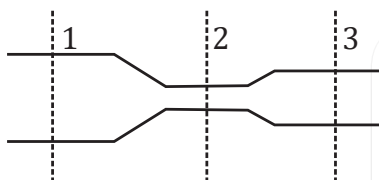
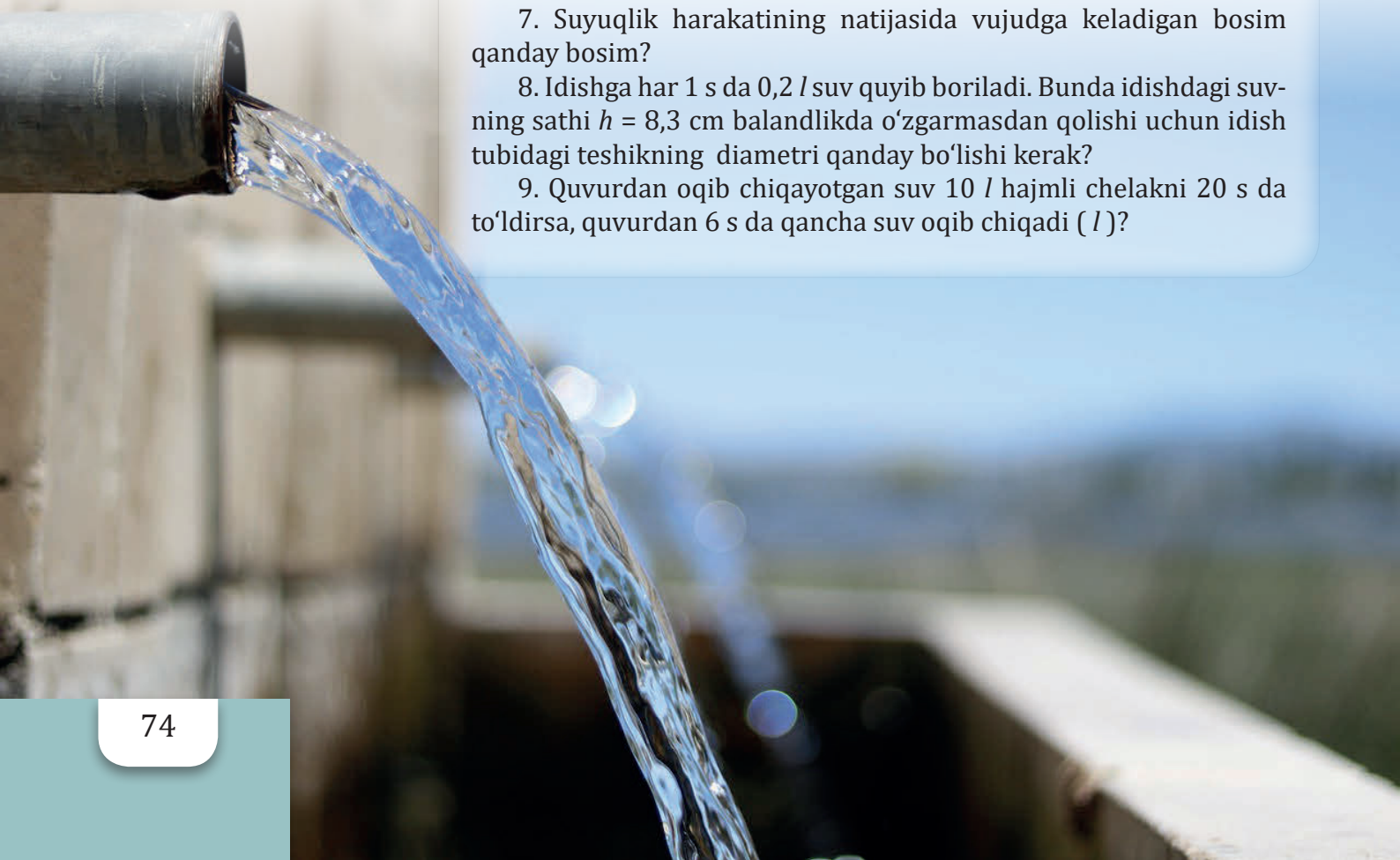
4. Quvurdagi 5 mm^2 teshikdan suv yuqoriga tik otilib, 80 cm balandlikka ko‘tarilmoqda. Teshikdan 10 soatda necha kg suv oqib chiqadi?

5. Ko‘ndalang kesim yuzi o‘zgaruvchi quvurdan suyuqlik oqmoqda. Bu suyuqlikning qaysi kesimidagi bosimi eng kichik (3.13-rasm)?

6. Bir quvurdan ikkinchi quvurga o‘tganda suvning oqim tezligi 5,6 marta ortsa, quvurning ko‘ndalang kesimi yuzi qanday o‘zgargan?

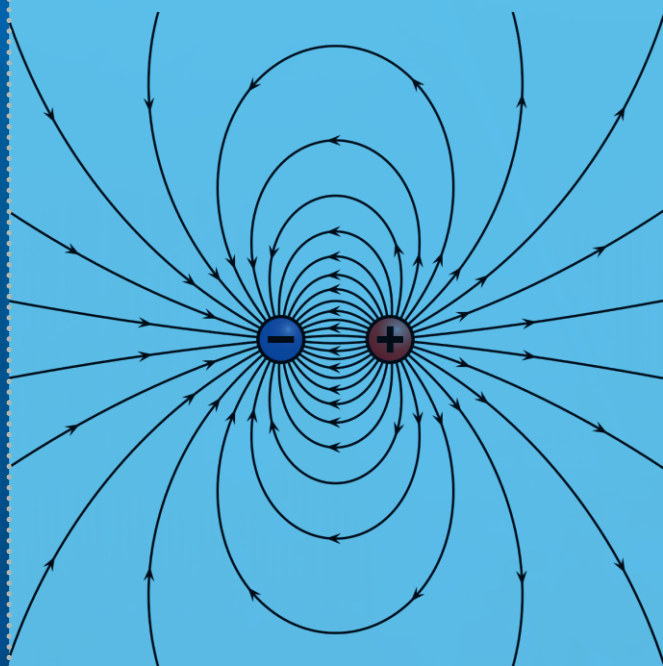
7. Suyuqlik harakatining natijasida vujudga keladigan bosim qanday bosim?

8. Idishga har 1 s da 0,2 l suv quyib boriladi. Bunda idishdagi suvning sathi h = 8,3 cm balandlikda o‘zgarmasdan qolishi uchun idish tubidagi teshikning diametri qanday bo‘lishi kerak?

9. Quvurdan oqib chiqayotgan suv 10 l hajmli chelakni 20 s da to‘ldirsa, quvurdan 6 s da qancha suv oqib chiqadi (l)?

IV BOB

ELEKTROSTATIK MAYDON

Siz bu bobda quyidagi mavzular bo‘yicha ma’lumotlar olasiz:

- elektr maydon kuchlanganligining superpozitsiya prinsipi;
- zaryadlangan sharning elektr maydoni;
- elektrostatik maydonda nuqtaviy zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish;
- elektr maydonda joylashgan nuqtaviy zaryadning potensial energiyasi;
- elektr maydon energiyasi.

24-MAVZU ELEKTR MAYDON KUCHLANGANLIGINING SUPERPOZITSIYA PRINSIPI

1. Elektrostatik maydon.
2. Elektrostatik maydon kuchlanganligi.
3. Elektr maydonning superpozitsiya prinsipi.
4. Natijaviy elektr maydon kuchlanganligi.

Sintetik materiallardan tayyorlangan kiyimlarni yechganda uchqun chiqqanini qanday tushuntirish mumkin?

Og'iz yordamida puflab shishirgan havo pufagi (shar)ni sochingizga yoki sintetik matoga yaxshilab ishqalab qo'yib yuborsangiz, yuqoriga harakat qilishini kuzatasiz. Nega aynan yuqoriga harakatlanadi?

1. Elektrostatik maydon

Ikki zaryadning o'zaro ta'sirini, bir-biriga tekkizilganda ularning zaryadlari o'zaro o'tishini Kulon qonuni yordamida bilib olgansiz. Bu qonun hatto zaryadlar bir-biriga tekkizilmagan holda, ma'lum masofada turib ham ta'sirlashishi har bir zaryad atrofida maydon borligini bildiradi. Bu maydon elektr maydonidir. Elektr zaryadlar atrofida elektr maydoni vujudga keladi.

Qo'zg'almas zaryadlar atrofida hosil bo'ladigan elektr maydoni *elektrostatik maydon* deyiladi.

2. Elektrostatik maydon kuchlanganligi

Siz quyi sinflarda elektr maydon haqida umumiy ma'lumotlarga ega bo'lgansiz.

Elektr maydonni kuch jihatidan tavsiflovchi kattalik sifatida elektr maydon kuchlanganlik vektori – $\vec{E}$ kiritilgan.

Elektr maydonga kiritilgan birlik musbat sinov zaryadi (q_s)ga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuchga son jihatidan teng bo'lgan kattalik *elektr maydon kuchlanganligi* deyiladi.

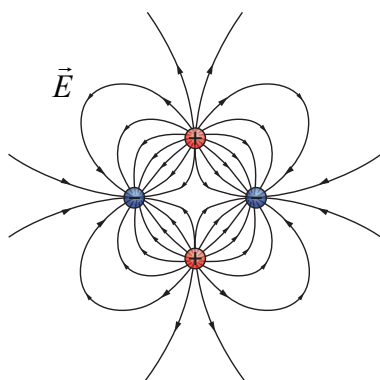
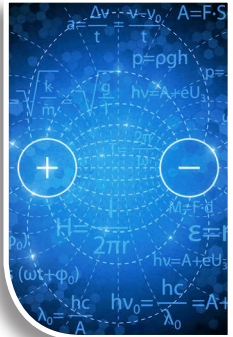
Ya'ni:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_s} \text{ ga teng.}$$

Elektr maydon kuchlanganligi birligi $[E] = 1\ \frac{\text{N}}{\text{C}}$ ga teng.

4.1 a-rasm

Elektr maydon kuchlanganlik vektorining yo'nalishi sifatida musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuch yo'nalishi tanlab olingan. Manfiy zaryadga ta'sir etuvchi kuch yo'nalishi kuchlanganlik vektorining yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi. Bir xil ishorali zaryadlar bir-biridan itariladi, turli ishorali zaryadlar bir-biriga tortiladi (4.1 *a*-rasm).

4.1 *b*-rasmdagi $+2q$ zaryaddan chiqqan elektr maydon kuch chiziqlarining faqat yarmi $-q$ zaryadda tugaydi. Qolgan kuch chiziqlar

cheksizlikda deb taxmin qilingan boshqa zaryadda tugaydi. Elektr maydon kuch chiziqlari hosil qilgan "naqsh" nuqtaviy zaryadlar hosil qilgan elektr maydon chizgan chiziqlariga o'xshaydi. Ushbu chiziqlarning "naqsh"iga qarab, maydon qayerda kuchli, qayerda kuchsiz va zaryadlarning kattaligi haqida izoh berish mumkin.

3. Elektr maydonning superpozitsiya prinsipi

Elektr maydonni bitta nuqtaviy zaryad ham hosil qiladi, lekin ko'pincha elektr maydonni asosan zaryadlar sistemasi hosil qiladi. Agar q_1, q_2, ..., q_n zaryadlar sistemasi hosil qilgan maydonning biror nuqtasiga q_s sinov zaryadini kiritsak, unga har bir zaryad tomonidan $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, ..., $\vec{F}_n$ kuchlar ta'sir etadi. Sinov zaryadiga ta'sir etayotgan barcha kuchlarning teng ta'sir etuvchisi quyidagiga teng:

4.1 b-rasm

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n$$

U holda zaryad kiritilgan nuqtadagi maydonning kuchlanganligi quyidagicha bo'ladi:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_s} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n}{q_s} = \frac{\vec{F}_1}{q_s} + \frac{\vec{F}_2}{q_s} + \cdots + \frac{\vec{F}_n}{q_s} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots + \vec{E}_n$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots + \vec{E}_n \qquad (1)$$

bu formula ***elektr maydonning superpozitsiya prinsipi*** deyiladi va u quyidagicha ta'riflanadi:

Zaryadlar sistemasining biror nuqtada hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi sistemaga kiruvchi har bir zaryadning o'sha nuqtadagi maydon kuchlanganliklarining vektor yig'indisiga teng.

(*Superpozitsiya* so'zi *qo'shilish* yoki *ustma-ust tushish* degan ma'noni anglatadi.)

Nuqtaviy zaryadning elektr maydon kuchlanganligi quyidagi formula yordamida topiladi:

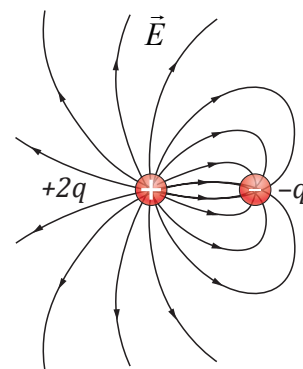
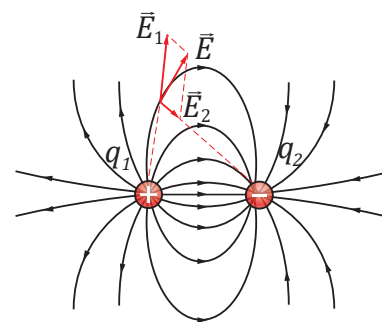
$$E = k \cdot \frac{|q|}{r^2} \qquad (2)$$

Bu yerda: $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}$; ε_0 =8,85·10^{-12} $\text{C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$.

4.2-rasm

Elektr maydon kuch chiziqlari, uning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma shu nuqtadagi maydon kuchlanganligi bilan mos tushadi (4.2-rasm).

Elektr maydonning bir jinsli bo'lish sharti koordinataga bog'liq bo'lmasdan, o'zgarmas saqlanadi: $\vec{E} = const$.

Kuchlanganlik vektori hamma nuqtalarda bir xil bo'lsa, bunday maydon *bir jinsli elektr maydon* deyiladi.

4. Natijaviy elektr maydon kuchlanganligi

Maydonni 2 ta nuqtaviy zaryad hosil qilayotgan boʻlsa, superpozitsiya prinsipiga koʻra, natijaviy maydon kuchlanganligi $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ formula bilan ifodalanadi.

Natijaviy elektr maydon kuchlanganligi moduli quyidagi formula yordamida topiladi:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos\alpha} \qquad (3)$$

Bu yerda: $E_1 = |\vec{E}_1|$; $E_2 = |\vec{E}_2|$; $E = |\vec{E}|$; α – $\vec{E}_1$ va $\vec{E}_2$ orasidagi burchak.

α ning ayrim xususiy qiymatlari uchun (3) formulani sodda koʻrinishga keltiramiz:

1) $\alpha = 0°$; elektr maydon kuchlanganlik vektorlari bir xil yoʻnalishda boʻlsa: $E = E_1 + E_2$;

2) $\alpha = \pi/2 = 90°$; elektr maydon kuchlanganlik vektorlari oʻzaro tik yoʻnalishda boʻlsa: $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$;

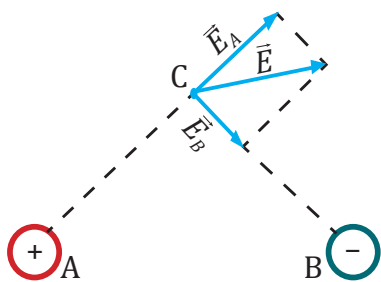
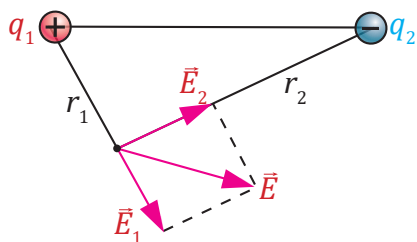
3) $\alpha = \pi = 180°$; elektr maydon kuchlanganlik vektorlari qarama-qarshi yoʻnalgan boʻlsa: $E = |E_1 - E_2|$;

4.3-rasm

4.3-rasmda *A* va *B* nuqtaviy zaryadlar *C* nuqtada hosil qilgan natijaviy elektr maydon kuchlanganligi koʻrsatilgan.

– Musbat zaryad maydoniga manfiy zaryad kiritilsa yoki manfiy zaryad maydoniga musbat zaryad kiritilsa, natijaviy elektr maydon kuchlanganligi ortadi.

– Musbat zaryad maydoniga musbat zaryad kiritilsa yoki manfiy zaryad maydoniga manfiy zaryad kiritilsa, natijaviy elektr maydon kuchlanganligi kamayadi.

Elektr maydonga kiritilgan oʻtkazgich ichida natijaviy maydon kuchlanganligi nolga teng boʻladi.

Masala yechish namunasi

1. Ikkita nuqtaviy zaryadning zaryadlari q_1 = 6 nC va q_2 = – 16 nC havoda bir-biridan r = 5 cm masofada joylashgan. Musbat zaryaddan r_1 = 3 cm va manfiy zaryaddan r_2 = 4 cm masofada joylashgan nuqtada elektr maydon kuchlanganligining modulini aniqlang.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$q_1 = 6\ \text{nC} = 6 \cdot 10^{-9}\ \text{C}$ $q_2 = -16\ \text{nC} = -16 \cdot 10^{-9}\ \text{C}$ $r = 5\ \text{cm} = 5 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$ $r_1 = 3\ \text{cm} = 3 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$ $r_2 = 4\ \text{cm} = 4 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$ $k = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}$	$(r_1)^2 + (r_2)^2 = r^2$ ekanligidan $\alpha = 90°$ $E_1 = k \cdot \dfrac{\lvert q_1 \rvert}{r_1^2}$ $E_2 = k \cdot \dfrac{\lvert q_2 \rvert}{r_2^2}$	$E_1 = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \dfrac{\lvert 6 \cdot 10^{-9}\ \text{C} \rvert}{9 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2} = 6 \cdot 10^4\ \dfrac{\text{N}}{\text{C}}$ $E_2 = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \dfrac{\lvert -16 \cdot 10^{-9}\ \text{C} \rvert}{16 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2} = 9 \cdot 10^4\ \dfrac{\text{N}}{\text{C}}$ $E = \sqrt{(6 \cdot 10^4)^2 + (9 \cdot 10^4)^2} \approx 10{,}8 \cdot 10^4\ \dfrac{\text{N}}{\text{C}} = 108\ \dfrac{\text{kN}}{\text{C}}$
$E = ?$	$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$	**Javob:** $E \approx 108\ \dfrac{\text{kN}}{\text{C}}$.

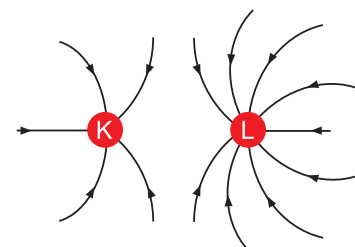
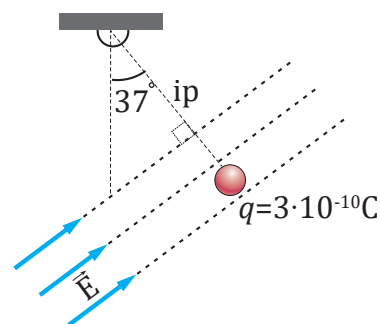
19-mashq

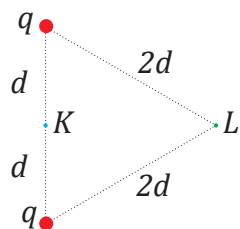
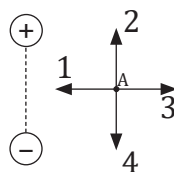
1. K va L zaryadlarning ishorasini aniqlang. (*4.4*-rasm).

2. Vaznsiz ipga osilgan zaryadlangan shar 4.5-rasmda ko'rsatilgani kabi o'zgarmas elektr maydonda muvozanatda turibdi. Sharning og'irligini toping. Elektr maydon kuchlanganligi 50 N/m ga, sharning zaryadi esa $3\cdot10^{-10}$ C ga teng. *sin* 37°= 0,6; *cos* 37°= 0,8.

3. 4.6-rasmda L nuqtadagi natijaviy maydon kuchlanganligini toping. Chizmani chizing.

4. Turli ishorali, absolyut qiymati bir xil nuqtaviy q_1 va q_2 zaryadlar elektr maydonlarining A nuqtadagi natijaviy elektr maydon kuchlanganligining yo'nalishini aniqlang. (*4.7*-rasm).

5. Zaryadlari 2 nC ga teng bo'lgan ikkita nuqtaviy zaryad bir-biridan 1 m masofada turibdi. Zaryadlar orasidagi masofaning o'rtasidagi nuqtada maydon kuchlanganligini toping.

4.4-rasm

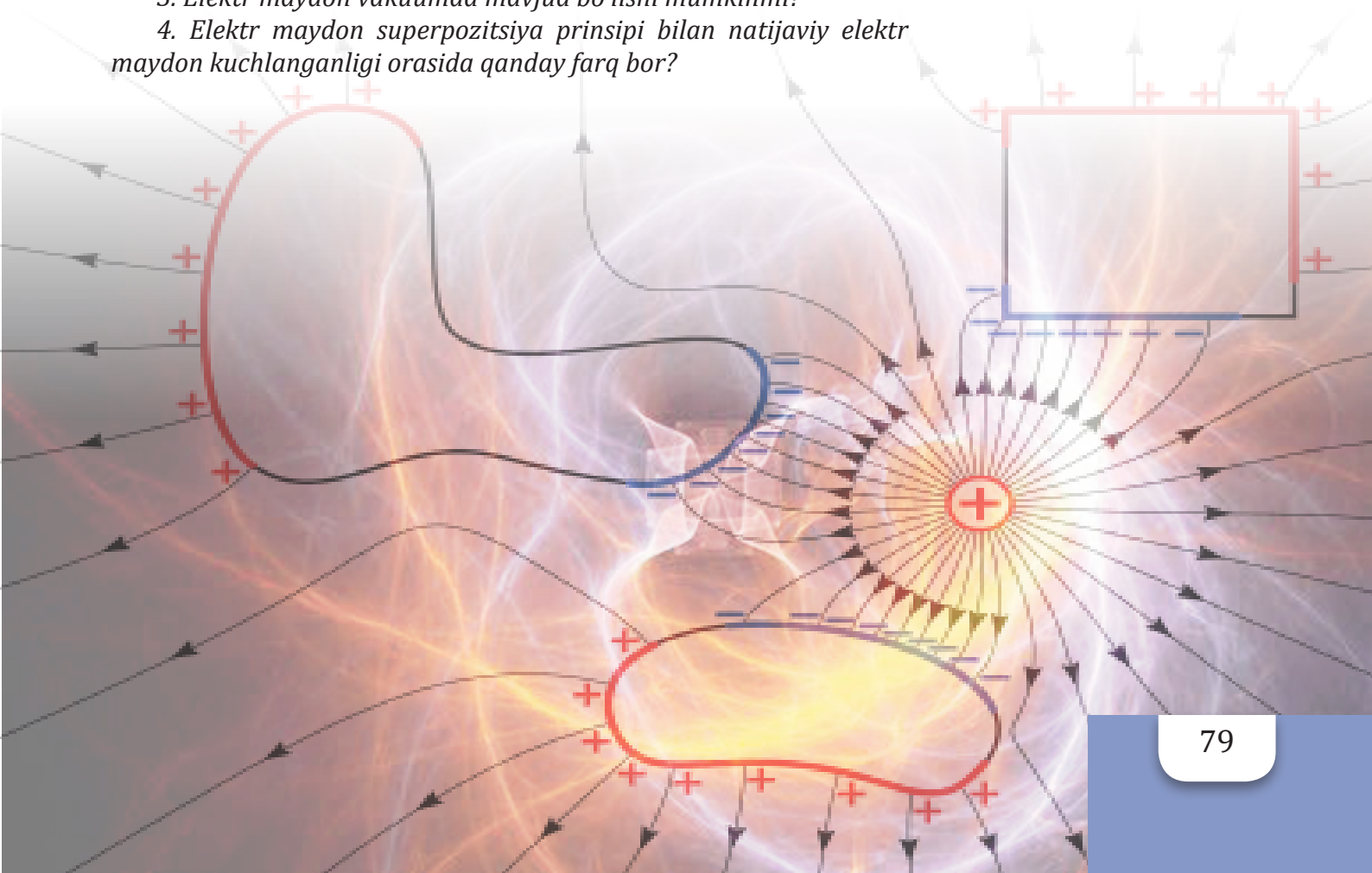
4.6-rasm

4.7-rasm

4.5-rasm

1. Elektr maydon qanday hosil bo'ladi?

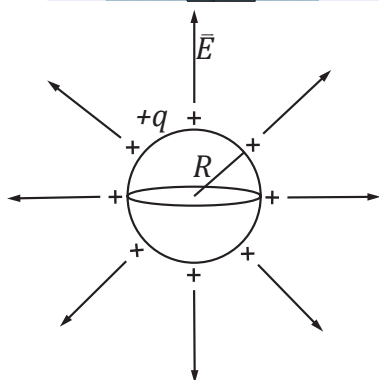
2. Nima uchun elektr maydon chiziqlari hech qachon bir-birini kesib o'tmaydi?

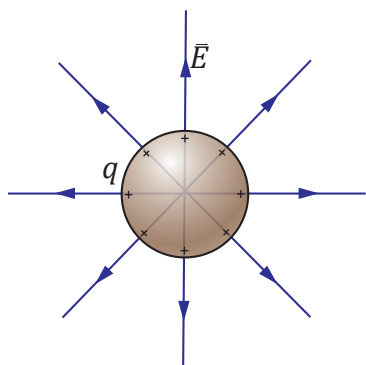
3. Elektr maydon vakuumda mavjud bo'lishi mumkinmi?

4. Elektr maydon superpozitsiya prinsipi bilan natijaviy elektr maydon kuchlanganligi orasida qanday farq bor?

25-MAVZU

ZARYADLANGAN SHARNING ELEKTR MAYDONI

1. Zaryadlangan metall sharning elektr maydoni.
2. Shar yoki sferaning sirtidan *x* masofadagi maydon kuchlanganligi.
3. Zaryadning sirt zichligi.
4. Muhitning dielektrik singdiruvchanligi.

Tashqi tomondan zaryadlangan metall qafas ichida turgan Faradey qo'lidagi elektroskopning yaproqlari nega ochilmadi? Javobingizni izohlang.

1. Zaryadlangan metall sharning elektr maydoni

4.8-rasm

Siz nuqtaviy zaryad yoki to'g'ri o'tkazgich ichidagi zaryadli zarralarning elektr maydoni bilan tanishdingiz. Endi shar yoki sfera shaklidagi jismni zaryadlab, uning atrofidagi elektr maydon haqida tanishamiz.

Radiusi R bo'lgan elektr o'tkazuvchi shar q zaryad bilan zaryadlangan bo'lsin (4.8-rasm). Zaryadlangan bunday shar (sfera)ning hosil qilayotgan elektr maydon kuchlanganligining qiymati uning markazida, sirtida va tashqarisidagi biror nuqtada qanday bo'lishini aniqlaylik.

4.9-rasm

Agar shar bir jinsli bo'lsa, zaryad shar sirti bo'ylab bir tekisda taqsimlanadi. Shu sababli shar (sfera) sirtidan tashqaridagi elektr maydon kuch chiziqlarining fazodagi taqsimoti xuddi nuqtaviy zaryadning kuchlanganlik chiziqlari taqsimoti kabi bo'ladi (4.9-rasm). U holda zaryadlangan shar va sfera hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi nuqtaviy zaryad hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi formulasi kabi ifodalanadi, ya'ni:

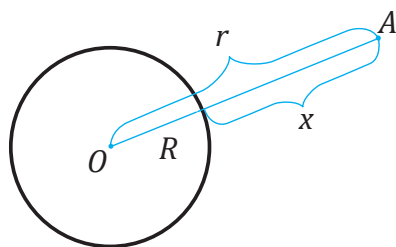
$$E = k \cdot \frac{|q|}{R^2} \qquad (1)$$

2. Shar yoki sferaning sirtidan *x* masofadagi maydon kuchlanganligi

Shar yoki sferaga berilgan zaryad o'zaro itarishish kuchi tufayli faqat ularning sirti bo'ylab taqsimlanganligi uchun ularning ichidagi ($r < R$) elektr maydon kuchlanganligi doim nolga teng ($E_{ichki} = 0$). Shar yoki sferadan tashqarida ($r > R$) joylashgan ixtiyoriy nuqtadagi maydon kuchlanganligi xuddi shar yoki sfera markazida joylashgan q zaryadning maydoni kabi bo'ladi va quyidagicha hisoblanadi (4.10-rasm):

4.10-rasm

$$E = k \cdot \frac{|q|}{r^2} \qquad r = R+x$$

$$E = k \cdot \frac{|q|}{(R+x)^2} \qquad (2)$$

3. Zaryadning sirt zichligi

Agar biror ΔS sirt bo'ylab Δq zaryad tekis taqsimlangan bo'lsa, shu sirtning birlik yuzaga to'g'ri keladigan zaryad miqdori bilan o'lchanadigan kattalik *zaryadning sirt zichligi* deb ataladi. Zaryadning sirt zichligi σ (sigma) harfi bilan belgilanadi.

$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S} \text{ yoki } \sigma = \frac{q}{S} \tag{3}$$

Shar yoki sferaning sirt zichligi:

$$\sigma = \frac{q}{S} = \frac{q}{4\pi R^2} \tag{4}$$

XBSda zaryadning sirt zichligi birligi uchun C/m^2 qabul qilingan.

4.11-rasmda tekis zaryadlangan cheksiz tekislik hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi tasvirlangan.

4.11-rasm

Tekis zaryadlangan cheksiz tekislik bir jinsli elektr maydon hosil qiladi, uning maydon kuchlanganligi:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \tag{5}$$

bo'ladi va kattaligi tekislikkacha bo'lgan masofaga bog'liq emas, ya'ni q_s sinov zaryadini bir jinsli zaryadlangan tekislikdan har xil uzoqlikdagi masofalarga joylashtirsak, unga ta'sir etuvchi elektr kuchining son qiymati bir xil bo'ladi.

(4) formulaga asosan R radiusli tekis musbat zaryadlangan sferik sirtni (σ) sirt zichligi bilan ifodalaymiz. Sferaning sirtidagi zaryadning umumiy miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$q = 4\pi R^2 \cdot \sigma$$

Bu yerda $S = 4 \cdot \pi \cdot R^2$ – sfera yoki shar sirtining yuzi. U holda sharning sirtidagi elektr maydon kuchlanganligi:

$$E = \frac{\sigma \cdot 4\pi R^2}{4\pi R^2 \varepsilon_0}; \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \tag{6}$$

bo'ladi (4.12-rasm).

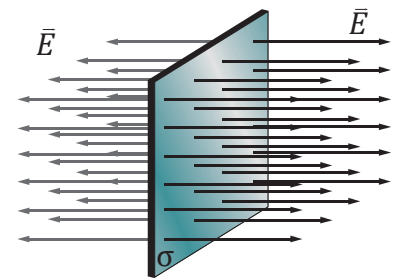
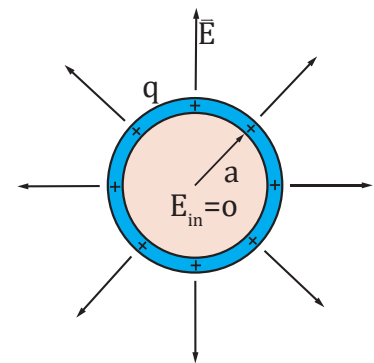
4.12-rasm

Shar yoki sfera sirtidan biror masofadagi nuqtada elektr maydon kuchlanganligi:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \cdot \frac{R^2}{r^2} \tag{7}$$

ga teng bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, tekis zaryadlangan sferik sirtning elektr maydon kuch chiziqlari sferadan tashqarida joylashar ekan.

4. Muhitning dielektrik singdiruvchanligi

Muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi moddaning elektr xossalarini xarakterlaydigan va zaryadlarning shu muhitdagi elektr maydon kuchlanganliklari ularning vakuumdagi elektr maydon

kuchlanganligidan necha marta kichik ekanligini ko'rsatadigan fizik kattalikdir.

Muhitning elektr xossasini tavsiflovchi koeffitsiyent *muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi* deb ataladi va yunoncha ε (epsilon) harfi bilan belgilanadi.

Dielektrik singdiruvchanlik o'lchamsiz kattalikdir.

Ta'rifga ko'ra:

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E} \qquad (8)$$

tenglikdan bir jinsli dielektrik ichiga joylashtirilgan nuqtaviy zaryadning elektr maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{E_0}{\varepsilon}$$

bo'lib, ε marta kamayadi. Chunki zaryadlanmagan dielektrik o'zining ichida tashqi maydonga qarshi yo'nalgan maydon hosil qiladi. Dielektrik ichida hosil bo'lgan ichki maydon tashqi maydonni susaytiradi. U holda dielektrik ichida joylashtirilgan nuqtaviy zaryaddan r masofada turgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi quyidagicha hisoblanadi:

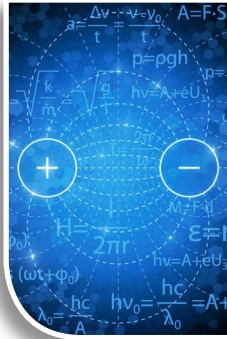
$$E = k\frac{|q|}{\varepsilon \cdot r^2} \qquad (9)$$

Biror muhitda turgan sharning elektr maydon kuchlanganligi:

$$E = k\frac{|q|}{\varepsilon \cdot R^2} \qquad (10)$$

formula yordamida hisoblanadi.

Ba'zi moddalarning dielektrik singdiruvchanligi

№	Moddalar	Dielektrik singdiruvchanligi
1	Havo	1
2	Suv	81
3	Kerosin	2,1
4	Moy	2,5
5	Parafin	2,1
6	Slyuda	6
7	Shisha	7

1. Zaryadlangan metall shar ichida, sirtida va sirtidan qandaydir masofada elektr maydon hosil bo'lganini qanday tekshirish mumkin?
2. Sharning maydon kuchlanganligi uning sirt zichligiga qanday bog'liq?
3. Qanday shakldagi o'tkazgichda elektr zaryadi tekis taqsimlanadi?
4. Nima sababdan zaryadlangan sharning ichida elektr maydoni nolga teng bo'ladi?
5. Zaryadlangan sharning sirtida va tashqarisida elektr maydoni qanday hisoblanadi?

Masala yechish namunasi

Biror muhitda turgan radiusi 4 cm ga teng bo'lgan shar sirtidan uning diametriga teng masofada elektr maydon kuchlanganligi 123 V/m ga teng. Agar sharga 16 nC zaryad berilgan bo'lsa, muhitning dielektrik singdiruvchanligini toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
E = 123 V/m $q = 16\cdot10^{-9}$ C R = 4 cm = $4\cdot10^{-2}$ m r = 3R = $12\cdot10^{-2}$ m	$E = k\cdot\frac{\lvert q\rvert}{\varepsilon\cdot r^2}$	$\varepsilon = 9\cdot10^9\,\frac{\mathrm{N\cdot m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\frac{16\cdot10^{-9}\,\mathrm{C}}{144\cdot10^{-4}\,\mathrm{m^2}\cdot123\,\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}}\approx 81$
E = ?	$\varepsilon = k\cdot\frac{\lvert q\rvert}{E\cdot r^2}$	**Javob:** ε = 81.

20-mashq

1. Radiusi 50 cm bo'lgan metall sharga 5 nC zaryad berildi. Shar sirti yaqinidagi elektr maydon kuchlanganligini toping.

2. Agar kerosinda turgan sfera zaryadining sirt zichligi 4,2 marta kamaytirilsa, sfera sirtidagi elektr maydon kuchlanganligi qanday o'zgaradi? Kerosinning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi 2,1 ga teng.

3. Yerga ulangan va po'latdan yasalgan sferik sirt ichiga q zaryadga ega bo'lgan shar sirtga tekkizilmasdan joylashtirildi. Sirt ichida (E_1) va uning tashqarisida (E_2) elektr maydon kuchlanganliklari nimaga teng?

4. Zaryadining sirt zichligi σ bo'lgan shar sirtidan uning diametriga teng uzoqlikdagi maydon kuchlanganligini toping.

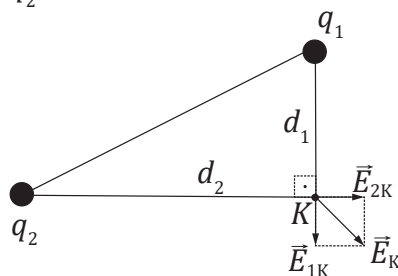
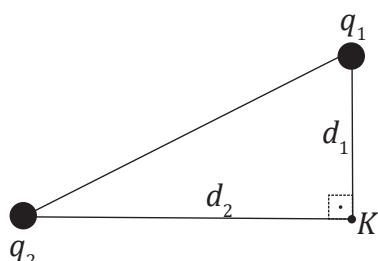
5. Tomoni a bo'lgan kvadratning uchlariga bir xil nuqtaviy q zaryadlar joylashtirilgan. Kvadrat markazidagi va biror tomonining o'rtasidagi elektr maydon kuchlanganligini toping.

26-MAVZU

MASALALAR YECHISH

Masala yechish namunalari

1. Tomoni a bo‘lgan teng tomonli uchburchakning uchlariga uchta bir xil q zaryadlar joylashtirilgan. Uchburchakning biror tomoni o‘rtasidagi elektr maydon kuchlanganligini va uning yo‘nalishini aniqlang.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$q_1 = q_2 = q_3 = q$ $r_1 = r_2 = a/2$	$E = \frac{k \cdot q}{r^2}$	$E_1 = E_2$ $r = \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{3}a}{2}$ $E = \frac{k \cdot q}{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2} = \frac{k \cdot q}{\frac{3 \cdot a^2}{4}} = \frac{4kq}{3a^2}$
$E = ?$		**Javob:** $E = \frac{4kq}{3a^2}$; uchburchak tomoniga tik va tashqariga yo‘nalgan.

2. Birining zaryadi $3q$, ikkinchisiniki $16q$ bo‘lgan zaryadlar rasmda ko‘rsatilgandek joylashgan. K nuqtadagi maydon kuchlanganligini toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$q_1 = 3q$ $q_2 = +16q$ $d_1 = d$ $d_2 = 2d$	$E_k = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ $E = k \cdot \frac{q}{d^2}$;	$E_1 = k \cdot \frac{3q}{d^2} = 3E$ $E_2 = k \cdot \frac{16q}{(2d)^2} = k \cdot \frac{16q}{4d^2} = 4E$ $E_K = \sqrt{(3E)^2 + (4E)^2} = \sqrt{25E^2} = 5E$
$E_k = ?$		**Javob:** $E_k = 5E = \frac{5kq}{d^2}$.

21-mashq

1. Quyidagi chizmada A nuqtadagi q_1 va q_2 zaryadlar hosil qilgan natijaviy maydon kuchlanganligi vektori ko‘rsatilgan. q_1 va q_2 zaryadlarining ishorasini aniqlang.

2. 16 nC va 36 nC zaryadlar bir-biridan 4 cm masofada joylashgan. Shu zaryadlarni tutashtiruvchi kesmada maydon kuchlanganligi nolga teng bo‘lgan nuqta birinchi zaryaddan qancha masofada joylashgan?

3. Suvdagi nuqtaviy zaryaddan 10 m masofadagi kuchlanganlik 1 N/C ga teng bo‘lsa, zaryad miqdorini aniqlang.

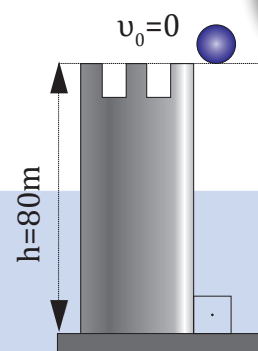
4. Suvda elektron bir jinsli elektr maydon ta’sirida $1{,}6 \cdot 10^{13}$ m/s^2 tezlanish oldi. Elektr maydon kuchlanganligini toping.

5. Vertikal ipga bog‘langan musbat zaryadlangan sharcha bir jinsli elektr maydonda vertikaldan o‘ng tomonga og‘di. Elektr maydon kuchlanganligi yo‘nalishini aniqlang.

27-MAVZU

ELEKTROSTATIK MAYDONDA NUQTAVIY ZARYADNI KO'CHIRISHDA BAJARILGAN ISH

1. Konservativ va nokonservativ kuchlar.
2. Elektrostatik maydonda nuqtaviy zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish.

Mexanika kursida biror balandlikdan erkin tashlab yuborilgan jism yerga tushishida qanday energiyalari mavjud bo'ladi? Mexanika kursida ish qanday ifodalanadi?

1. Konservativ va nokonservativ kuchlar

Mexanika kursidan ma'lumki, bajarilgan ish jismga ta'sir qilayotgan kuch va shu kuch yo'nalishida jism ko'chishining ko'paytmasi bilan ifodalanadi. Bu yerda ta'sir kuchi jismni harakatlantiruvchi kuchlardir. Bu kuchlar ikki guruhga bo'linadi: konservativ va nokonservativ kuch.

Agar kuchning bajargan ishi trayektoriya shakliga bog'liq bo'lmasa, bu kuch ***konservativ kuch*** deyiladi. Og'irlik kuchi, elastiklik kuchi, gravitatsion kuch, elektrostatik kuch kabilar konservativ kuchlarga misol bo'ladi.

Agar kuchning bajargan ishi trayektoriya shakliga bog'liq bo'lsa, bu kuch ***nokonservativ kuch*** deyiladi. Nokonservativ kuchga ishqalanish kuchi, elektr maydondagi uyurmaviy kuchlar va boshqalar misol bo'ladi.

4.13-rasm

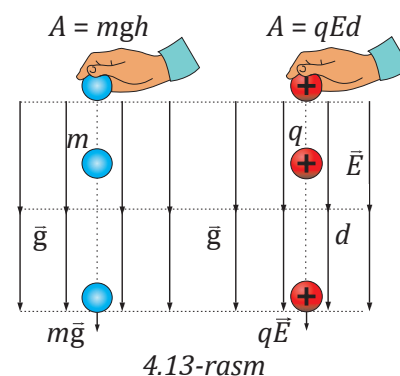
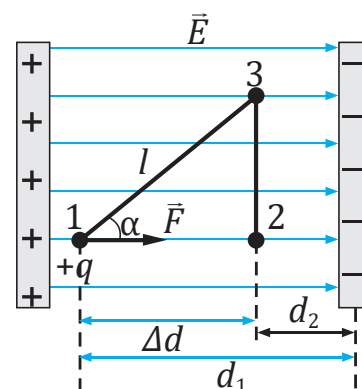
2. Elektrostatik maydonda nuqtaviy zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish

Elektrostatik maydonda nuqtaviy zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish gravitatsion maydonda, ya'ni biror balandlikdan qo'yib yuborilgan jism Yerning gravitatsiyasi ta'sirida ko'chishida bajarilgan ish kabi hisoblanadi. Jism biror balandlikdan erkin tushganda uning potensial energiyasining o'zgarishi, Yerning gravitatsiyasi bajargan ishga teng. Elektr maydonida zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish ham xuddi shunga o'xshash bo'ladi (4.13-rasm).

Elektr maydonga kiritilgan zaryadga maydon tomonidan elektrostatik kuch ta'sir qiladi. Bu kuch ta'sirida zaryad elektr maydon yo'nalishida (q>0 bo'lganda) yoki unga teskari yo'nalishda (q<0 bo'lganda) ko'chadi va bunda elektr maydoni ish bajaradi. Elektr zaryadi bir jinsli elektr maydonida joylashgan bo'lsin. Zaryadning harakat trayektoriyasini aniqlash maqsadida 4.14-rasmdan foydalanib, elektr maydondagi zaryad $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ kuch ta'sirida *gorizontal* o'q bo'ylab 1-nuqtadan 2-nuqtaga ko'chishida elektr maydonning bajargan ishi quyidagicha hisoblanadi:

$$A = F \cdot l \cdot \cos\alpha = q \cdot E \cdot \Delta d; \quad \Delta d = l \cdot \cos\alpha$$

4.14-rasm

4.14-rasmda (1-2-3) nuqtalar orasida bajarilgan ishlar quyidagiga teng: Δd-zaryadning maydon yo'nalishi bo'yicha ko'chishi.

$$A_{1\text{-}2} = q{\cdot}E{\cdot}\Delta d;\ cos\alpha = 1$$
$$A_{2\text{-}3} = 0;\ (cos\alpha = 0)$$
$$A_{1\text{-}2\text{-}3} = A_{1\text{-}2} + A_{2\text{-}3} = q{\cdot}E{\cdot}\Delta d$$
$$A_{2\text{-}1} = -q{\cdot}E{\cdot}\Delta d;\ (cos\alpha = -1)$$
$$A_{1\text{-}2\text{-}3\text{-}1} = 0\ \text{J}$$

Demak, bundan quyidagicha xulosa kelib chiqadi:

Bir jinsli elektr maydonda nuqtaviy zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish zaryadning harakat trayektoriyasi shakliga bog'liq bo'lmay, faqat zaryadning maydon yo'nalishidagi boshlang'ich va oxirgi vaziyatlari bilan aniqlanadi. Bu xulosa har qanday elektrostatik maydonlar uchun o'rinli bo'ladi.

Konservativ kuchlarning ta'sir maydoni potensial maydon singari namoyon bo'ladi. Shuning uchun elektrostatik maydonda zaryadni yopiq kontur bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish doimo nolga teng bo'ladi. Elektrostatik maydonning nuqtaviy zaryadga ta'sir kuchi gravitatsion kuch kabi konservativ kuch hisoblanadi.

1. Gravitatsion va elektrostatik maydonda bajarilgan ishning o'xshash jihatlari nimada?

2. Elektrostatik maydonda nuqtaviy zaryadni ko'chirganda bajarilgan ish trayektoriya shakliga qanday bog'langan?

3. Elektrostatik maydon nima uchun konservativ kuch hisoblanadi?

Masala yechish namunasi

Nuqtaviy zaryad maydon kuchlanganligi 4 kN/C bo'lgan bir jinsli elektr maydonda 100 μC zaryadli zarra 4 cm ga ko'chganda elektrostatik maydon 8 mJ ish bajardi. Maydon kuch chiziqlari va ko'chish vektori orasidagi burchakni toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
q = 100 μC = 100 · 10^{-6} C E = 4 kV/m = 4 · 10^3 V/m S = 4 cm = 4 · 10^{-2} m A = 8 mJ= 8 · 10^{-3} J	$A = q{\cdot}E{\cdot}S{\cdot}cos\alpha$ $\cos\alpha = \dfrac{A}{q\cdot E\cdot S}$	$\cos\alpha = \dfrac{8{\cdot}10^{-3}\ \text{J}}{10^{-4}\ \text{C}{\cdot}4{\cdot}10^{-2}\ \text{m}\ {\cdot}4{\cdot}10^{3}\ \dfrac{\text{V}}{\text{m}}} = \dfrac{1}{2}$ $\alpha = 60°$ **Javob:** $\alpha = 60°$.
α = ?		

22-mashq

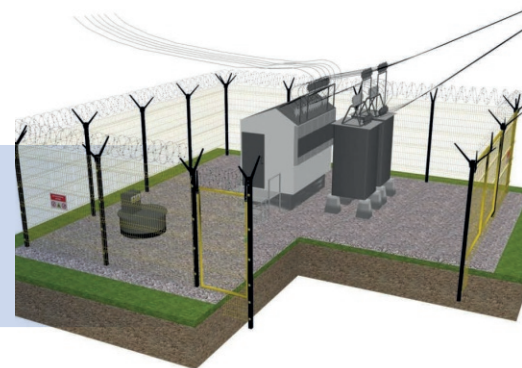
1. Ikkita 8 nC va –6 nC nuqtaviy zaryadlarni tutashtiruvchi kesmaning o'rtasidagi elektr maydon kuchlanganligini toping. Zaryadlar orasidagi masofa 10 cm ga teng, $\varepsilon = 1$.

2. Zaryadlari 2 nC ga teng bo'lgan ikkita nuqtaviy zaryad bir-biridan 1 m masofada turibdi. Zaryadlar orasidagi masofaning o'rtasida maydon kuchlanganini aniqlang (V/m).

3. Radiusi 6 cm bo'lgan metall sharga 24 nC zaryad berilgan. Shar markazidan 24 cm masofadagi nuqtada kuchlanganlik qanchaga teng (kV/m)?

ELEKTR MAYDONDA JOYLASHGAN NUQTAVIY ZARYADNING POTENSIAL ENERGIYASI

1. Elektr maydonda joylashgan nuqtaviy zaryadning potensial energiyasi.
2. Nuqtaviy zaryad maydonining potensiali.
3. Potensiallar farqi.
4. Ekvipotensial sirtlar.

Yuqori kuchlanishli (10000 V va undan katta) transformatorlarning atrofi metall to‘rli to‘siq bilan o‘rab himoyalanadi.
Savol: ***bu himoyalangan to‘siq qanday maqsadda va qanday xavfli hodisalarning ro‘y berishini oldini olish uchun o‘rnatiladi?***

1. Elektr maydonda joylashgan nuqtaviy zaryadning potensial energiyasi

Elektr maydonga sinov zaryadini kiritishga asosiy zaryad elektr maydoni qarshilik qiladi. Shunga ko‘ra, asosiy zaryad elektr maydon kuchlariga qarshi ish bajaradi.

Elektr maydonning bajargan ishi hisobiga zaryadning potensial energiyasi kamayadi. Shuning uchun ham elektr maydonda q_0 zaryadni bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko‘chirish uchun bajarilgan ish shu nuqtalardagi zaryadlar potensial energiyalarining farqiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$A_{1.2} = -\Delta W_p = -(W_{p2} - W_{p1}) = (W_{p1} - W_{p2}) \qquad (1)$$

Gravitatsion potensial energiya va elektr potensial energiyasi juda o‘xshash. q_1 va q_2 zaryadlarning o‘zaro ta’sir potensial energiyasi:

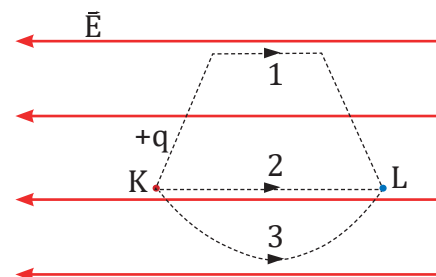
$$W = k\frac{q_1 q_2}{r} \qquad (2)$$

q zaryaddan r_1 masofada turgan q_0 zaryadni r_2 masofaga ko‘chirishda bajarilgan ish quyidagicha topiladi:

$$A = k\frac{qq_0}{r_1} - k\frac{qq_0}{r_2} \qquad (3)$$

2. Nuqtaviy zaryad maydonining potensiali

Elektr maydonni tavsiflaydigan fizik kattaliklardan yana biri maydon potensialidir. Bu tushuncha bilan tanishishda elektr maydon energetik xarakterda ekanligidan foydalanamiz. Elektr maydonga kiritilgan zaryadning maydon bilan o‘zaro ta’sir energiyasi faqat maydonga bog‘liq bo‘lmasdan, kiritilayotgan zaryad miqdoriga ham bog‘liqdir.

Elektr maydonning biror nuqtasiga joylashgan har xil sinov zaryadlarining potensial energiyalari ham har xil, lekin potensial energiyaning sinov zaryadiga bo‘lgan nisbati maydonning ayni shu nuqtasi uchun o‘zgarmas fizik kattalikdan iborat bo‘ladi. Bu fizik kattalik ***potensial*** deyiladi va u φ harfi bilan belgilanadi. Ya’ni:

$$W_p = \varphi \cdot q_0$$

Bunga ko‘ra elektr maydon potensialini quyidagicha ta’riflash mumkin:

Elektr maydonning biror nuqtasidagi potensiali maydonning shu nuqtasiga kiritilgan birlik musbat sinov zaryadining potensial energiyasiga son jihatdan teng bo‘lgan fizik kattalikdir.

Ya’ni:

$$\varphi = \frac{W_p}{q_0} \quad (4)$$

Nuqtaviy q zaryad hosil qilgan maydonning biror nuqtasidagi potensial quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\varphi = k \cdot \frac{q}{r} \quad (5)$$

3. Potensiallar farqi

Energiya ham, zaryad ham skalyar kattalik, shu sababli potensial ham skalyar kattalik bo‘ladi.

(3) va (4) formulalarga asosan, elektrostatik maydonda q_0 zaryadni ko‘chirishda bajariladigan ish quyidagicha ifodalanadi:

$$A = W_1 - W_2 = q_0 \cdot (k \cdot \frac{q}{r_1} - k \cdot \frac{q}{r_2}) = q_0 \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) \quad (6)$$

Bundan elektr maydonning ikki nuqtasi orasidagi potensiallar farqi (ayirmasi):

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi = \frac{A}{q_0} \quad (7)$$

bo‘ladi.

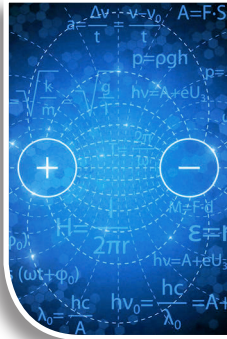
(7) formulaga asosan potensiallar farqi (ayirmasi)ni quyidagicha ta’riflash mumkin:

Birlik musbat zaryadni maydonning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko‘chirishda bajarilgan ishga miqdor jihatidan teng bo‘lgan fizik kattalik elektr maydonning ikki nuqtasi orasidagi *potensiallar farqi* deyiladi.

Potensiallar farqining birligi ham potensial kabi Volt (V) birligida ifodalanadi. $[\Delta\varphi] = \frac{[W]}{[q_0]}$ dan $1\text{ V} = \frac{1\text{ J}}{1\text{ C}}$ ga teng.

Agar elektr maydonni bitta emas, bir necha zaryadlar sistemasi hosil qilgan bo‘lsa, natijaviy maydonning biror nuqtasidagi potensiali zaryadlarning mustaqil hosil qilgan maydonlar potensiallarining algebraik yig‘indisiga teng:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$$

Bu munosabat maydonlar superpozitsiya prinsipini ifodalaydi.

4. Ekvipotensial sirtlar

Nuqtaviy zaryaddan bir xil uzoqlikda joylashgan nuqtalarning potensiallari teng bo‘ladi. Agar ushbu nuqtalar birlashtirilib chiqilsa, hosil bo‘lgan sirt ***ekvipotensial sirt*** deyiladi.

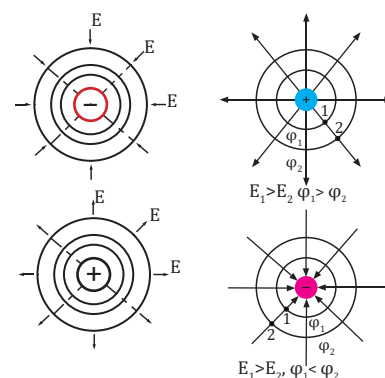
Potensiallari bir xil bo‘lgan nuqtalarning geometrik o‘rni *ekvipotensial sirt* deyiladi.

Nuqtaviy zaryad hosil qilgan maydonning ekvipotensial sirtlari markazi zaryadda joylashgan konsentrik sferalardan iborat bo‘lib, uning istalgan nuqtasida elektr maydon kuch chiziqlari shu sferalarga perpendikulyar ravishda yo‘nalgandir (4.15-rasm).

4.15-rasm

Elektr maydon kuchlanganligi va potensiallar farqi orasidagi munosabat quyidagicha:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$$

Bu yerda d – potensiallari φ_1 va φ_2 bo‘lgan nuqtalar orasidagi masofa. Bundan maydon kuchlanganligi birligi [V/m] ga teng ekanligi kelib chiqadi.

1. Elektrostatik kuchning bajargan ishi bilan elektr maydonda ko‘chayotgan zaryad potensial energiyasi orasidagi bog‘lanishni yozing.

2. Elektr maydonida turgan zaryadning potensial energiyasi qanday aniqlanadi?

3. Elektrostatik maydon kuchlari konservativ bo‘lmasa, potensial energiyasi mazmunga ega bo‘ladimi?

Masala yechish namunasi

Havoda turgan 5 cm radiusli metall sferaga 30 nC zaryad berildi. Zaryadlangan sfera markazidan 2 cm, sfera sirtida va sfera sirtidan 5 cm masofadagi nuqtada maydon potensialini aniqlang.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
q = 30 nC = $30\cdot10^{-9}$ C r = 5 cm = $5\cdot10^{-2}$ m r_1 = 2 cm = $2\cdot10^{-2}$ m r_2 = 5 cm = $5\cdot10^{-2}$ m $k = 9\cdot10^9$ N $\cdot$ m²/C²	$\varphi_{ichida} = \varphi_{sirtida} = k\cdot\frac{q}{r}$ $\varphi_{tashqarisida} = k\cdot\frac{q}{r+r_2}$	$\varphi_{ichida} = \varphi_{sirtida} = 9\cdot10^9\,\mathrm{N}\cdot\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{C}^2}\cdot\frac{30\cdot10^{-9}\ \mathrm{C}}{5\cdot10^{-2}\ \mathrm{m}} = 5400\ \mathrm{V}$ $\varphi_{tashqarida} = 9\cdot10^9\,\mathrm{N}\cdot\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{C}^2}\cdot\frac{30\cdot10^{-9}\ \mathrm{C}}{(5\cdot10^{-2}+5\cdot10^{-2})\ \mathrm{m}} = 2700\ \mathrm{V}$
φ_{ichida}–? $\varphi_{sirtida}$–? $\varphi_{tashqarida}$ – ?		**Javob:** 5400 V; 2700 V.

23-mashq

1. Protondan $5{,}3 \cdot 10^{-11}$ m uzoqlikdagi elektr maydon potensialini toping. Protondan shunday uzoqlikda joylashgan elektronning potensial energiyasini toping.

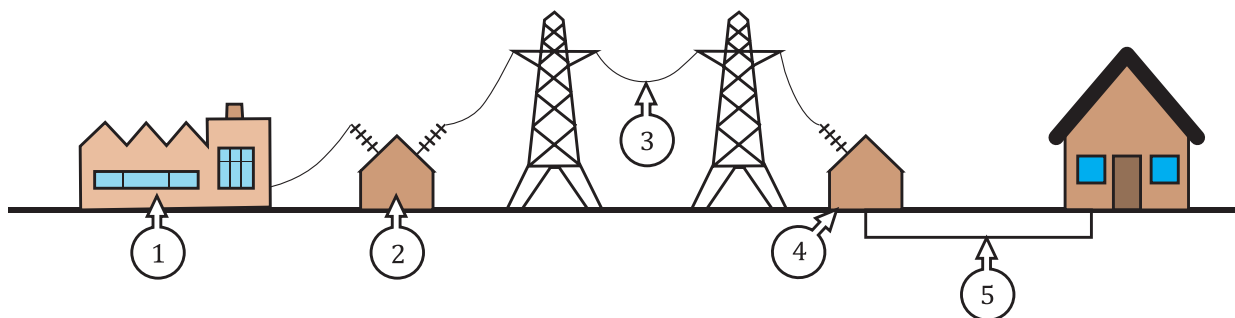
2. Massasi 1 g bo'lgan sharcha potensiali 600 V bo'lgan A nuqtadan potensiali nolga teng B nuqtaga ko'chirildi. Sharchaning zaryadi 10 nC, A nuqtadagi tezligi 20 cm/s bo'lsa, B nuqtadagi tezligini aniqlang.

3. Diametri 2 cm bo'lgan metall shar –150 V potensialgacha zaryadlangan. Shar sirtidagi ortiqcha elektronlar sonini toping.

4. Zaryadlari 20/3 nC va 40/3 nC bo'lgan ikkita sharcha bir-biridan 40 cm masofada turibdi. Ularni bir-biriga 25 cm gacha yaqinlashtirish uchun qancha ish bajarish kerak?

5. Massasi 40 mg, zaryadi 1 nC bo'lgan sharcha 10 cm/s tezlik bilan harakatlanib, 4 nC ga teng bo'lgan nuqtaviy zaryadga minimal qancha masofagacha yaqinlashishi mumkin?

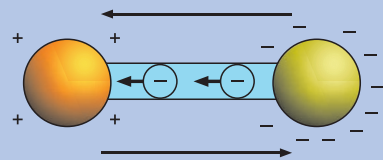
Qo'shimcha topshiriqlar

1. Rasmda elektr toki ishlab chiqarishdan boshlab iste'molchilarga yetib borgunicha bo'lgan jarayonlar 1, 2, 3, 4 va 5 raqamlari bilan belgilab ko'rsatilgan. Ularning vazifalarini tushuntirib bering.

2. Elektrovoz o'zgaruvchan elektr toki bilan ta'minlangan havo kabellaridan oqayotgan elektr energiyasi yordamida harakatlanadi. Lokomotivning maksimal tezligi 140 km/h, dvigatelining quvvati esa 4,7 MW bo'lsa, lokomotiv dvigatelida oqayotgan tok kuchini hisoblang. Havo kabellaridagi kuchlanish 25 kV ga teng.

ELEKTR MAYDON ENERGIYASI

29-MAVZU

1. Elektr maydon energiyasi.
2. Kondensatorning elektr maydon energiyasi.
3. Elektr maydon energiyasining zichligi.

Bu zaryadlangan sharlar o'zaro o'tkazgich sim orqali ulanganda qanday hodisa ro'y beradi? Javobingizni izohlang.

1. Elektr maydon energiyasi

Oldingi mavzularda aytganimizdek, o'tkazgichni zaryadlash uchun zaryadlar orasidagi o'zaro itarish kuchini yengishda ish bajariladi. Bu ish hisobiga zaryadlangan har qanday o'tkazgich ma'lum energiyaga ega bo'ladi. Zaryadsizlanish vaqtida esa o'tkazgich shu energiyani sarflaydi. Zaryadlangan o'tkazgich olgan energiyasi miqdor jihatdan (W_{el} – energiya *elektr maydon energiyasi* deb ataladi) uni zaryadlashda bajarilgan ishning miqdoriga teng bo'ladi, ya'ni

$$W_{el} = A$$

O'tkazgichni zaryadlashda bajarilgan ish qanday hisoblanadi? Dastlab jism zaryadlanmagan bo'lsa, uning potensiali nolga teng bo'ladi. Unga q zaryad berilsa, uning potensiali noldan φ gacha o'zgaradi. O'tkazgichni zaryadlashda bajarilgan ish miqdor jihatidan 4.16-rasmdagi belgilangan yuzaga teng bo'ladi. Jismni zaryadlashda bajarilgan ish:

4.16-rasm

$$A = q \cdot \varphi_{o'rt} \qquad (1)$$

bo'ladi. Jism potensialining o'rtacha qiymati uning boshlang'ich va oxirgi qiymatlarining o'rta arifmetik qiymatiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\varphi_{o'rt} = \frac{0+\varphi}{2} = \frac{\varphi}{2} \qquad (2)$$

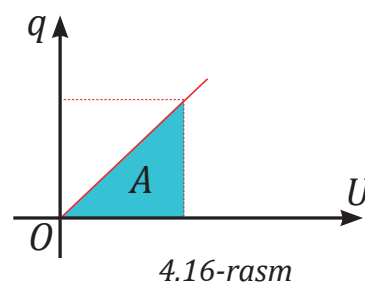
$\varphi_{o'rt}$ ning qiymatini (1) tenglikka qo'yib, quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$A = \frac{q \cdot \varphi}{2} \qquad (3)$$

Demak, jismni zaryadlashda bajarilgan ish uning zaryadi bilan potensiali ko'paytmasining yarmiga teng bo'lar ekan.

Yakkalangan o'tkazgichning elektr maydon energiyasi

$A = W_{el}$ munosabatga ko'ra yakkalangan o'tkazgichning elektr maydon energiyasini quyidagicha yozamiz:

$$W_{el} = \frac{q \cdot \varphi}{2} = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \qquad (4)$$

2. Kondensatorning elektr maydon energiyasi

Agar zaryadlangan jism kondensatordan iborat bo'lsa, uning elektr maydon energiyasini (W_{el}) hisoblashda (4) formuladagi zaryad miqdorini kondensatorning zaryadi bilan, potensialini esa uning qoplamalari orasidagi potensiallar farqi bilan almashtirish kerak, ya'ni:

$$W_{el} = \frac{q\cdot(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{C\cdot(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \qquad (5)$$

bo'lganligi uchun zaryadlangan kondensatorning elektr maydon energiyasi formulasini

$$W_{el} = \frac{q\cdot U}{2} = \frac{C\cdot U^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \qquad (6)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

Zaryadlangan jismning energiyasi uning atrofida hosil bo'lgan elektr maydonida mujassamlangan bo'lib, energiyaning qiymati elektr maydoni tarqalgan fazoning hajmiga va maydonning kuchlanganligiga bog'liq bo'ladi. Xususiy holda zaryadlangan yassi kondensatorni qarab chiqaylik. Yassi kondensator qoplamalaridagi zaryadlar hosil qilgan elektr maydoni uning qoplamalari orasida mujassamlashgan bo'ladi. Kondensator qoplamalari orasidagi hajmni $V=S\cdot d$ formula orqali ifodalaymiz.

Zaryadlangan yassi kondensatorning sig'imi $C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S}{d}$ va kondensator maydon kuchlanganligi bilan qoplamalari orasidagi potensiallar farqi orasidagi bog'lanish hamda (6) formulaga binoan quyidagiga ega bo'lamiz:

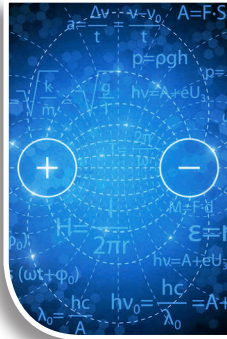
$$W = \frac{C\cdot U^2}{2} = \frac{\varepsilon_0\cdot\varepsilon\cdot S\cdot d^2\cdot E^2}{2d} = \frac{\varepsilon_0\cdot\varepsilon\cdot E^2}{2}\cdot V \qquad (7)$$

Zaryadlangan yassi kondensatorning energiyasi uning hosil qilgan elektr maydoni kuchlanganligining kvadratiga va shu maydon egallagan fazoning hajmiga to'g'ri proporsionaldir.

3. Elektr maydon energiyasining zichligi

Maydonning hajm birligiga to'g'ri kelgan energiyasi ***energiya zichligi*** deyiladi. Ta'rifga ko'ra:

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0\cdot\varepsilon\cdot E^2}{2V}\cdot V = \frac{\varepsilon_0\cdot\varepsilon\cdot E^2}{2} \qquad (8)$$

Har bir kondensator o'zida zaryad bilan birga elektr maydon energiyasini to'plash xususiyatiga ham ega. Bu energiyani kondensatorda uzoq vaqt davomida saqlab bo'lmaydi. Kondensator olgan zaryad vaqt o'tishi bilan qoplamalar orasida razryadlanadi.

1. Zaryadlangan jismning elektr energiyasi qanday kattaliklarga bog‘liq?

2. Kondensatorni zaryadlashda qanday ish bajariladi?

3. Zaryadlangan kondensator energiyasi qayerda to‘planadi?

Masala yechish namunasi

Yassi havo kondensatorining sig‘imi 0,1 μF ga teng bo‘lib, 200 V potensiallar farqiga ega. Kondensatordagi elektr maydon energiyasini hisoblang.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$C = 0{,}1\ \mu F = 1\cdot10^{-7}$ F $\varphi_2 - \varphi_1 = 200\ V$ $W=?$	$W = \dfrac{C\cdot(\varphi_2-\varphi_1)^2}{2}$	$W = \dfrac{10^{-7}\ F\cdot4\cdot10^{4}\ V}{2} = 2\cdot10^{-3} = 2$ mJ **Javob:** 2 mJ.

24-mashq

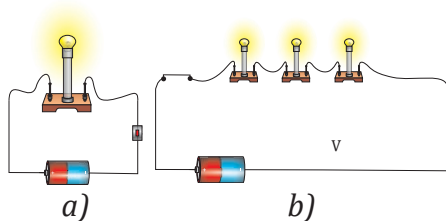
1. Massasi 10^{-8} g bo‘lgan zaryadlangan chang zarrasi potensiallar farqi 5 kV bo‘lgan ikkita parallel plastinkalar orasidagi bir jinsli elektrostatik maydonda muallaq turibdi. Agar plastinkalar orasidagi masofa 5 cm bo‘lsa, zarraning zaryadini toping.

2. Zaryadlangan cheksiz tekislik yaqinidagi 2 nC nuqtaviy zaryad maydonning ta’sirida kuch chiziqlari bo‘ylab 2 cm siljidi. Bunda elektr maydon 5 μJ ish bajardi. Tekislikdagi zaryadning sirt zichligini toping.

3. 40 mg massali, 1 nC musbat zaryadli sharcha 10 cm/s tezlik bilan harakatlanadi. Bu sharcha 8 nC ga teng bo‘lgan nuqtaviy zaryadga minimal qancha masofagacha yaqinlashishi mumkin?

4. Har biri φ_0=25 V gacha zaryadlangan 64 ta bir xil sharsimon simob tomchilarning qo‘shilishidan hosil bo‘lgan katta simob tomchisining potensiali φ ni toping.

Qo‘shimcha topshiriqlar

a) *b)*

1. *a*-rasmdagi lampochkaning yoniga xuddi shunday lampochkadan yana ikkita ketma-ket ulansa, *b*-rasmdagi kabi bo‘ladi. Birinchi lampochkaning yorqinligi qanday o‘zgaradi? Javobingizni izohlang.

2. Velosipedning g‘ildiragiga o‘rnatilgan moslama (dinam)ning aylanish qismi aylanganda unga simlar orqali ulangan lampochka nimaning hisobiga yonadi? Agar velosiped tezroq yursa, lampochkaning yorqinligi o‘zgaradimi? Javobingizni izohlab bering.

30-MAVZU

AMALIY MASHG'ULOT. ENERGIYANING BIR TURDAN BOSHQA TURGA AYLANISHI

Xavfsizlik qoidalari:

– Elektr kavsharlash jarayonida ehtiyot bo'ling.

– Yelimlash jarayonida ehtiyot bo'ling.

Mashg'ulotning maqsadi: energiyaning saqlanish va aylanish qonunini o'rganish.

Kerakli jihozlar: 2 ta yog'och bo'lagi (bittasi taglik o'lchami 25x5x2 cm, bittasiga chizg'ichni ishlatsa ham bo'ladi), 2 ta DVD disk, 2 ta plastik idish (baklashka) qopqog'i, 2 ta bolt-gayka va shayba, ruchkaning ustki plastmassa qismi, 1 dona elektr dvigatel, yorug'lik diodi, termoyelim, elektr kavsharlagich, karton.

Ishni bajarish tartibi

1. Chizg'ichning bir tomonidan 5 cm masofada nuqta belgilang va shu nuqtadan bolt sig'adigan kenglikda teshik oching.
2. Yelim yordamida chizg'ichni yog'och brusokka mahkamlang.
3. Kartonni disk shaklida qirqib, ikkala disk orasiga yelimlang (bunda kartondan qirqib olingan disk diametri DVD disk diametridan kichikroq bo'ladi).

4. Ikkala diskning tashqi tomoni o'rtasiga plastik idish qopqog'ini yelimlang.
5. Qopqoqning o'rtasidan teshik oching va bolt-gayka yordamida chizg'ichga mahkamlang.
6. Diskni ixtiyoriy joyidan teshib, ikkinchi bolt-gaykani mahkamlang. Boltning ortiqcha qismi ustiga ruchkaning plastmassa bo'lagini kiydirib, gayka yordamida mahkamlang (bunda plastmassa bo'lagi bolt ustida bemalol aylana olsin).

7. Elektr dvigatelni yog'och brusokning ikkinchi tomoniga yelimlang.
8. Ulovchi simlar yordamida elektr dvigatelning ikkita qutbiga yorug'lik diodini elektr kavsharlagich yordamida ulang.

9. Rezina halqaning bir tomonini elektr dvigatelning shkifli g'ildiragiga, ikkinchi tomonini esa disklar orasidagi karton disk ustiga kiydiring.
10. Bolt ustiga ruchkaning plastmassa qismi kiydirilgan ushlagichidan ushlab aylantiring.
11. Disklarni aylantirganda dvigatelga mahkamlangan yorug'lik diodning yonishini kuzating va xulosa chiqaring.

1. Siz energiyaning bir turdan boshqasiga o'tishini yana qanday amaliy mashg'ulot yordamida ko'rsata olasiz?

2. Qanday energiya boshqa qanday turdagi energiyaga aylanishini kuzatgansiz?

3. Yuqorida bajargan amaliy ishingizdagi jihozlardan qaysilarini boshqa jihoz bilan almashtirsa ham, amaliy ishni bajarsa bo'ladi?

4. Yuqoridagi amaliy mashg'ulotda qanday energiya boshqa qanday energiyaga aylandi?

Masala yechish namunasi

1. Massasi 10 g bo'lgan sharcha potensiali 100 V bo'lgan A nuqtadan potensiali nolga teng B nuqtaga ko'chirilyapti. Sharchaning zaryadi 10 nC, A nuqtadagi tezligi 2 cm/s. Sharchaning B nuqtadagi tezligini aniqlang.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$m = 10\text{ g} = 10^{-2}\text{ kg}$ $\varphi_A = 100\text{ V}$ $\varphi_B = 0$ $q = 10^{-8}\text{ C}$ $\upsilon_A = 2\cdot10^{-2}\text{ m/s}$ $\upsilon_B = ?$	$A = q(\varphi_A - \varphi_B)$ $\Delta E_k = \frac{m\upsilon_A^2}{2} - \frac{m\upsilon_B^2}{2}$	Zaryadlangan sharcha elektr maydon kuch ta'sirida ko'chiriladi. Elektr kuchlarning sharchani ko'chirishda bajargan ishi sharcha kinetik energiyasining o'zgarishiga teng, ya'ni: $A = \Delta E_k$. Agar $A = q(\varphi_A - \varphi_B)$ va $\Delta E_k = \frac{m\upsilon_A^2}{2} - \frac{m\upsilon_B^2}{2}$ munosabatlardan foydalansak, B nuqtadagi tezlik quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi: $\upsilon_B \sqrt{v_A^2 - \frac{2q(\varphi_A - \varphi_B)}{m}}$; $\upsilon_B = \sqrt{4\cdot10^{-4} - \frac{2\cdot10^{-8}(100-0)}{10^{-2}}} \approx 1{,}4\text{ cm/s}.$ **Javob:** $\upsilon_B \approx 1{,}4\text{ cm/s}$.

25-mashq

1. $2{,}22\cdot10^{-10}$ C zaryadga ega bo'lgan sovun pufakchasi gorizontal yassi kondensatorning maydonida muallaq turibdi. Pufakchaning massasi 0,01 g va plastinkalar oralig'i 5 cm. Kondensator plastinkalari orasidagi potensiallar farqini aniqlang.

2. 792 V potensialgacha zaryadlangan sharcha zaryadining sirt zichligi $3{,}33\cdot10^{-7}\text{ C/m}^2$. Sharchaning radiusini aniqlang.

3. Elektr maydonning ta'siri ostida elektron harakatlanib, tezligini $\upsilon_1 = 10$ Mm/s dan $\upsilon_2 = 30$ Mm/s gacha oshirdi. Ko'chishning boshlang'ich va oxirgi nuqtalari orasidagi $\varphi_1 - \varphi_2$ potensiallar farqini toping. Elektronning massasi $m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg, zaryadi esa $e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ C ga teng.

4. Plastinkalarining yuzi 1 m^2, orasidagi masofa 1,5 mm bo'lgan yassi havo kondensatorining sig'imini aniqlang.

5. Yer sharining sig'imini aniqlang. Yer sharining radiusini 6400 km deb oling.

IV BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Radiusi 20 cm bo'lgan yakkalangan metall sharning vakuum ($\varepsilon_1 = 1$) dagi va suv ($\varepsilon_2 = 81$) ga tushirilgan holdagi elektr sig'imlari C_1 va C_2 ni toping.

2. –16 nC va 36 nC zaryadlar bir-biridan 10 cm masofada joylashgan. Maydon kuchlanganligi nolga teng bo'lgan nuqta 2-zaryaddan qancha masofada joylashgan?

3. Tomonlari 10 cm bo'lgan muntazam uchburchakning ikki uchida –4 nC va 4 nC bo'lgan ikkita nuqtaviy zaryad joylashgan. Uchburchakning uchinchi uchidagi elektr maydon kuchlanganligini toping.

4. Potensiallar farqi 100 V bo'lgan ikki nuqta orasida nuqtaviy zaryadni ko'chirishda maydon 5 μJ ish bajargan bo'lsa, zaryad miqdorini aniqlang.

5. Elektrostatik maydonning biror nuqtasidagi 50 nC zaryad 7,5 μJ potensial energiyaga ega. Shu nuqtadagi elektr maydon potensialini toping.

6. Ikkita 0,4 μC va –0,6 μC nuqtaviy zaryadlar bir-biridan 12 cm masofada joylashgan. Zaryadlarni tutashtiruvchi kesma o'rtasidagi elektr maydon potensialini toping.

7. Zaryadi 3 nC bo'lgan ikki nuqtaviy zaryad havoda bir-biridan 50 cm masofada turibdi. Ularni 20 cm gacha yaqinlashtirish uchun bajarilgan ishni toping.

8. Agar zaryadlangan ikkita parallel plastinka orasidagi masofa 12 cm, potensiallar farqi 180 V bo'lsa, plastinkalar orasidagi maydon kuchlanganligini aniqlang.

9. Kuchlanganligi 6000 V/m bo'lgan bir jinsli elektr maydonda olingan ikki nuqta orasidagi masofa 2 cm ga teng bo'lsa, potensiallar farqini toping.

10. Yassi kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanish 150 V, zaryadi esa 80 μC bo'lsa, kondensatordagi elektr maydon energiyasini toping.

11. Yassi kondensatorga 40 μC zaryad berilganda uning energiyasi 20 mJ ga teng bo'ldi. Kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanishni toping.

12. Dielektrik singdiruvchanligi 4 va kuchlanganligi $3 \cdot 10^3$ V/m bo'lgan muhitdagi elektr maydonning energiya zichligini toping. Muhitning dielektrik singdiruvchanligi 4 ga teng.

13. Kuchlanganligi 27,3 kV/m bo'lgan elektr maydonda harakat qilayotgan elektronning tezlanishi nimaga teng (m/s^2)?

14. Radiusi 6 cm bo'lgan metall sharga 24 nC zaryad berilgan. Shar markazidan 3 cm, sirtidan 4 cm uzoqlikdagi kuchlanganlikni toping (kV/m).

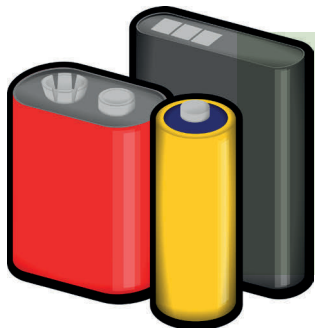
V BOB

O‘ZGARMAS TOK QONUNLARI

Siz bu bobda quyidagi mavzular bo‘yicha ma’lumotlar olasiz:

- tok kuchi va tok zichligi;
- to‘liq zanjir uchun Om qonuni;
- metallarda elektronlarning tartibli harakat tezligi;
- metall o‘tkazgichlar qarshiligining temperaturaga bog‘liqligi.

32-MAVZU TOK KUCHI VA TOK ZICHLIGI

1. Tok kuchi va uning birligi.
2. Tok zichligi va uning birligi.
3. Sanoatda va texnikada tok zichligining ahamiyati.

1. Elektr toki hosil bo‘lishi shartlarini aytib bering.
2. Kundalik turmushda ishlatiladigan galvanik element va akkumulyatorlarga misollar keltiring.
3. Uyingizda foydalanilayotgan elektr jihozlarning qaysilari o‘zgarmas, qaysilari o‘zgaruvchan tokda ishlaydi?

1. Tok kuchi va uning birligi

Kundalik turmushimizni elektr tokisiz tasavvur qilishimiz qiyin. Ertalab turib, elektr chiroqni yoqamiz, elektr dazmolda kiyimlarimizni dazmollaymiz, muzlatkichda turgan mahsulotlarni olib, mikroto‘lqinli pech yordamida isitamiz, uyali aloqa vositalarimizni va noutbuklarimizni quvvatlaymiz, maktabga borsak darsga kirish va chiqishga qo‘ng‘iroq chalinadi, yorug‘ xonalarda o‘qiymiz. Hozirgi kunda elektr toki yordamida harakatlanuvchi avtomobil (elektromobil)larga butun dunyoda talab ortib bormoqda. E’tibor qilinsa, yuqoridagilarning barchasida elektr tokining xizmati bor.

Elektr toki metallarda, elektrolitlarda, yarimo‘tkazgichlarda, gazlarda, vakuumda harakatlanadigan elektronlar yoki ionlar kabi zaryadlangan zarralarning tartibli harakat oqimidan iborat bo‘ladi.

Erkin harakatlanuvchi zaryadlangan zarralar zaryad tashuvchilar deb ataladi. Turli muhitlarda elektr tokini turli xil zarralar tashiydi:

Jumladan, metallarda erkin elektronlar, gazlarda erkin elektronlar hamda musbat va manfiy ionlar, yarimo‘tkazgichlarda elektronlar va kovaklar, elektrolitlarda ionlar.

Elektr toki mavjudligini uning ta’sirlari orqali bilish mumkin. Tok ta’sirida yuz beradigan hodisalarga qarab ularni quyidagi turlarga ajratamiz:

a) tokning issiqlik ta’siri – o‘tkazgichdan elektr toki o‘tganda u qiziydi (5.1 *a*-rasm);

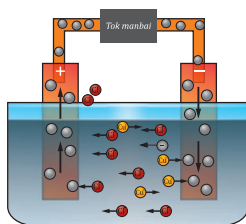
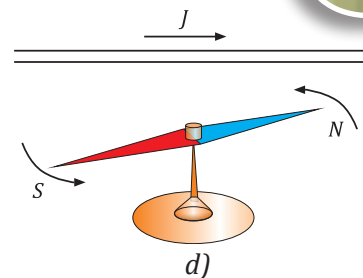
b) tokning kimyoviy ta’siri – elektrolit orqali tok o‘tganda modda ajraladi (5.1 *b*-rasm);

d) tokning magnit ta’siri – tokli o‘tkazgich atrofida joylashgan magnit strelkasi buriladi (5.1 *d*-rasm).

Vakuumdan va o‘ta o‘tkazgichlardan elektr toki o‘tganda uning issiqlik ta’siri kuzatilmaydi.

Elektr tokining kimyoviy ta’siri faqat elektrolitlarda kuzatiladi.

Elektr tokining magnit ta'siri har qanday muhitda tok o'tganda kuzatiladi.

a)

b)

d)

5.1-rasm

Tokning ta'sirini miqdor jihatdan tavsiflash uchun tok kuchi degan fizik kattalik kiritiladi. Tok kuchi o'tkazgich orqali o'tuvchi zaryad miqdori bilan aniqlanadi va quyidagicha ta'riflanadi:

O'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan birlik vaqt ichida oqib o'tgan zaryad miqdoriga son jihatdan teng bo'lgan kattalik *tok kuchi* deyiladi.

Tok kuchi I harfi bilan belgilanadi. Tok kuchining XBSdagi birligi amper (A).

Ta'rifga ko'ra tok kuchi:

$$I = q/t \qquad (1)$$

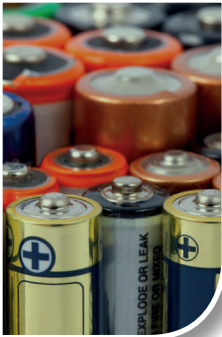
formula yordamida aniqlanadi.

Tok kuchi ham elektr zaryadi kabi skalyar kattalik.

Elektr tokining yo'nalishi sifatida musbat zaryadli zarralarning tartibli harakati yo'nalishi qabul qilingan. Tok tashqi zanjirda manbaning musbat qutbidan manfiy qutbiga tomon yo'nalishda bo'ladi. Demak, tok yo'nalishi elektronlarning tartibli harakati yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda bo'ladi (5.2 *a*-rasm).

Agar zanjirdagi tok kuchi va yo'nalishi vaqt o'tishi bilan o'zgarmay qolsa, bunday tok o'zgarmas tok, agar o'zgarsa, o'zgaruvchan tok deyiladi. Tok o'zgaruvchan bo'lganda tok kuchining o'rtacha qiymatidan foydalanamiz.

Masalan, tok kuchi chiziqli ravishda o'zgarsa, o'rtacha tok kuchi quyidagicha topiladi:

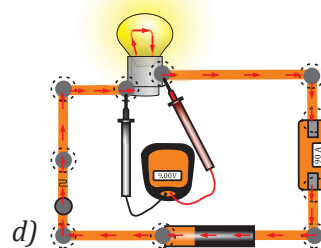
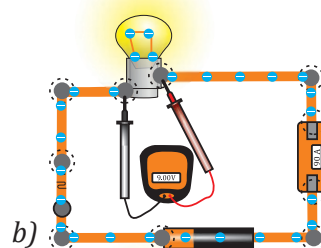
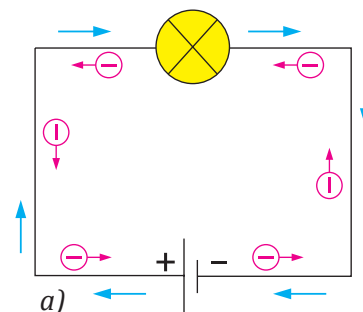
$$I_{o'rt} = \frac{I + I_0}{2} \qquad (2)$$

Bu yerda: I_0– boshlang'ich vaqtdagi, I – t vaqtdan keyingi tok kuchi.

O'tkazgichdan t vaqtda oqib o'tgan zaryad miqdori $q = I_{o'rt} \cdot t$ formula orqali aniqlanadi.

5.2 *b*-rasm va 5.2 *d*-rasmlarda siz quyidagi (havola) orqali virtual ko'rinishda bevosita bajarib, tokning va elektronlarning harakat yo'nalishini ko'rishingiz mumkin.

a)

b)

d)

5.2 -rasm

2. Tok zichligi va uning birligi

Metallardan elektr tokining oʻtishini qarab chiqaylik.

Koʻndalang kesim yuzi S, uzunligi Δl boʻlgan oʻtkazgich qismini ajratib olamiz (5.3-rasm). Tok tashuvchi bitta zarraning zaryadi q_0 ga teng.

Ajratib olingan 1- va 2-sirtlar orasidagi zarralar soni:

$$N = n \cdot V = n \cdot S \cdot \Delta l \quad (3)$$

ga teng boʻladi. Bunda n – zaryadli zarralar konsentratsiyasi. Ajratilgan qismda tok hosil qiluvchi umumiy zaryad miqdori quyidagiga teng boʻladi:

$$q = q_0 \cdot N = q_0 \cdot n \cdot S \cdot \Delta l \quad (4)$$

5.3-rasm

Tok kuchi taʼrifining formulasiga asosan, quyidagiga ega boʻlamiz:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{q_0 \cdot N}{t} = \frac{q_0 \cdot n \cdot S \cdot \Delta l}{t} = n \cdot S \cdot \upsilon \cdot q_0 \quad (5)$$

Bu yerda υ – zaryadli zarraning tartibli harakat (dreyf) tezligi. Oʻtkazgichda tokning tarqalish tezligi deyilganda zaryadli zarralarning tartibli harakat tezligi emas, balki elektr maydonning muhitdagi tarqalish tezligi haqida gap borayotgan boʻladi. Elektr maydonning tarqalish tezligi yorugʻlikning vakuumdagi tezligi ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s)ga yaqin qiymatda boʻladi.

Oʻtkazgich koʻndalang kesimi yuzasi birligidan oʻtayotgan tok kuchiga son jihatidan teng boʻlgan kattalik *elektr tokining zichligi* deyiladi. Tok zichligi (j) harfi bilan belgilanadi.

$$j = \frac{I}{S}$$

Tok zichligi $[j] = \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$ larda oʻlchanadi:

$$j = \frac{I}{S} = \frac{n \cdot q_0 \cdot \upsilon \cdot S}{S} = n \cdot q_0 \cdot \upsilon$$

Tok zichligi vektor kattalik boʻlib, uning yoʻnalishi musbat zaryadli zarralarning tartibli harakat tezlik $\vec{\upsilon}$ vektori yoʻnalishi bilan mos tushadi.

3. Sanoatda va texnikada tok zichligining ahamiyati

Oʻtkazgichdagi tok zichligi oʻtkazgich qanchalik darajada elektr energiyasi bilan taʼminlanganligini koʻrsatadi. Oʻtkazgichda isrofgarchilikka yoʻl qoʻymaslik, yaʼni xarajatlarni kamaytirish uchun undagi tok zichligini optimal holda tanlash kerak boʻladi.

Tok zichligi kattaligiga oʻtkazgich materiali taʼsir etmasa-da, texnikada oʻtkazgichning solishtirma qarshiligi va uzunligiga qarab tanlanadi. Maishiy maqsadlarda ishlatiladigan oʻtkazgichlar tokning tejamkor rejimiga moslab tanlanadi.

1. *Elektr toki nima?*
2. *Eng sodda tok manbai haqida tushuncha bering.*
3. *Nimaning ta'sirida zaryadlar o'tkazgich bo'ylab harakatlanadi?*
4. *Elektr tokining ta'sirlarini tushuntirib bering.*
5. *Elektr zanjirida energiya qanday o'zgaradi?*
6. *Elektr zanjiri sxemalaridagi shartli belgilar haqida nimalarni bilasiz?*
7. *Tok zichligining maishiy xizmatdagi va sanoatdagi ahamiyati nimada?*

Masala yechish namunalari

1. Diametri 1 mm bo'lgan o'tkazgichdan 5 A tok o'tmoqda. O'tkazgichdagi tok zichligini hisoblang.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$D = 1$ mm $= 1\cdot10^{-3}$ m $I = 5$ A $j = ?$	$j = \dfrac{I}{S}$ $S = \dfrac{\pi\cdot D^2}{4}$	$S = \dfrac{3{,}14\cdot(1\cdot10^{-3}\,\text{m})^2}{4} = 0{,}785\cdot10^{-6}\,\text{m}^2$ $j = \dfrac{5\,\text{A}}{0{,}785\cdot10^{-6}\,\text{m}^2} \approx 6{,}37\cdot10^6\,\dfrac{\text{A}}{\text{m}^2}$ **Javob:** $j \approx 6{,}37\cdot10^6$ A/m².

2. Ko'ndalang kesim yuzasi 1 mm² bo'lgan o'tkazgichdan 1 A tok o'tayotgan bo'lsa, elektronlarning dreyf harakat tezligi qanday? O'tkazgichdagi erkin elektronlar konsentratsiyasini $n = 10^{28}$ m^{-3} deb oling.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$S = 1$ mm² $= 1\cdot10^{-6}$ m² $I = 1$ A $n = 10^{28}$ m^{-3} $\upsilon = ?$	$\upsilon = \dfrac{I}{enS}$	$\upsilon = \dfrac{I}{enS} = \dfrac{1}{1{,}6\cdot10^{-19}10^{28}\cdot10^{-6}} = 6{,}25\cdot10^{-4}$ m/s **Javob:** $\upsilon = 6{,}25\cdot10^{-4}$ m/s.

3. O'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi $I = 4 + 3t$ qonuniyat bo'yicha o'zgarayotgan bo'lsa, 2 s vaqt ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan nechta elektron oqib o'tadi?

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$I_0 = 4$ A, $k = 3$ A/s, $t_0 =$ s $t_1 = 2$ s $q = ?$	$I = I_0 + k\cdot t$ $I_{o'rt} = (I + I_0)/2$ $q = I_{o'rt}\cdot t$	$I = (4+3\cdot2)$ A $= 10$ A $I_{o'rt} = (4+10)/2 = 7$ A $q = 7\cdot2 = 14$ C **Javob:** $q = 14$ C.

26-mashq

1. Agar galvanometrdan 1,6 μA tok o'tayotgan bo'lsa, undan 10 s da nechta elektron oqib o'tadi?

2. Zaryadi 7 nC bo'lgan nuqtaviy zaryad kerosin ichida turibdi. Undan 10 cm uzoqlikdagi elektr maydon kuchlanganligini toping. Kerosinning dielektrik singdiruvchanligi 2,1 ga teng deb oling.

3. Elektr zanjiridagi lampochkadan 5 minutda 30 C zaryad o'tgan bo'lsa, zanjirdagi tok kuchi nimaga teng?

4. Elektr zanjiriga ulangan lampochkadan 0,1 A tok o'tmoqda. Lampochka spirali orqali 8 minutda qancha zaryad o'tadi? Shu vaqt davomida lampochkadan o'tgan elektronlar sonini hisoblang.

5. Akkumulyator 25 minut davomida 4 A tok berib tura oladi. Bunday akkumulyator qancha elektr zaryadi to'play oladi?

Uyga topshiriqlar

Xavfsizlik choralariga qat'iy rioya qiling!

1. Kalkulyator, cho'ntak fonari, o'yinchoq to'pponcha, boshqariluvchi mashina va shu kabilarning galvanik element (batareya)larini olib ko'ring hamda necha amper tok, necha volt kuchlanish berishini daftaringizga yozing.

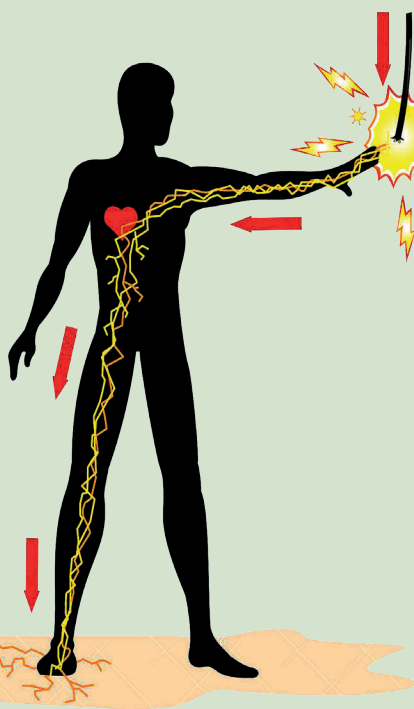
2. Galvanik element va ikkita lampochkani o'tkazgichlar orqali oldin ketma-ket, so'ng parallel ulang. Har ikkala holda lampochkalarning yonishiga e'tibor bering. Sababini tushuntirishga harakat qiling.

FOYDALI MA'LUMOT

Tokdan zararlanish 1862-yili ilk bor qayd etilgan. Bunda inson tok o'tuvchi simning ochiq joyiga tegib, halok bo'lgan. Ba'zida elektr simlariga tegib, halokatli zarba olishingiz mumkin. Buning sababi quruq terining qarshiligi 100000Ω yoki undan kattaroq. Shunday ekan, 100000 Ω qarshilikli teri orqali 9 voltli galvanik elementga tegish xavfsiz bo'lmaydimi? Om qonuniga ko'ra, 9 V ÷ 100000 Ω dan faqat 0,00009 amper oqim (tok) o'tadi. Bu zararli bo'lishi uchun yetarli oqim emas. Devordagi rozetkada 120 V kuchlanishli tok teri orqali xavfli 0,0012 amper oqimni (120 V ÷ 100000 Ω) hosil qiladi. Bu esa galvanik elementda hosil qilinadigan tokdan 13 baravar ko'p.

Ba'zida teringizga suv tushadi. Nam teri quruq teriga qaraganda ancha kichik qarshilikka ega. Kichik qarshilik har qanday kuchlanishda tanangizdan ko'proq oqim (tok) o'tishiga imkon beradi. Suv va 120 voltli elektr tokining kombinatsiyasi ayniqsa xavflidir. Chunki tanangizda yuqori kuchlanish va past qarshilik katta (ehtimol, halokatli) tok oqishiga sabab bo'ladi. Shu sababli undan foydalanish uchun asboblarni tok manbalariga to'g'ri ulashni o'rganib olishimiz kerak. Amaliyotda 42 V dan yuqori bo'lgan kuchlanish inson tanasi uchun xavfli hisoblanadi.

TO‘LIQ ZANJIR UCHUN OM QONUNI

33-MAVZU

1. Tok manbaida chet kuchlarning zaryadni ko‘chirishda bajargan ishi.
2. Manbaning elektr yurituvchi kuchi.
3. Tok manbaining ichki qarshiligi.
4. To‘liq zanjir uchun Om qonuni.
5. Tok manbaida qisqa tutashuv.

1. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni formulasini ayting.
2. Voltmetr va ampermetr zanjirga qanday ulanadi?
3. Agar voltmetr tok manbaining qutblariga ulansa, nimani ko‘rsatadi?

1. Tok manbaida chet kuchlarning zaryadni ko‘chirishda bajargan ishi

O‘tkazgichlarda elektr tokini vujudga keltirish uchun o‘tkazgich ichida elektr maydon hosil qilish kerak. Bu vazifani tok manbalari bajaradi. Tok manbalari xilma-xil bo‘lib, ularning barchasida musbat va manfiy zaryadlarni ajratish ishi bajariladi. Ajratilgan zaryadlar tok manbaining qutblarida to‘planadi.

Qutb manbaning klemma (qisqichlar) orqali o‘tkazgichlarga ulanadigan joylaridir. Tok manbaining bir qutbi musbat, ikkinchi qutbi manfiy zaryadlanib, ular orasida ichki elektr maydon hosil bo‘ladi.

Demak, manbaning ichida tabiati bilan elektrostatik kuchlardan farqlanuvchi kuchlar mavjud bo‘lishi kerak. Bu kuchlar *chet kuchlar* deb ataladi. Ular zaryadga tok manbaining ichida ta’sir etib, shu kuchlar energiyani elektr zanjiriga yetkazib beradi. Chet kuchlar ta’sirida tok manbaining o‘zida zaryadlar bir-biridan ajraladi, buni biz manbaning qutblarida ko‘ramiz. Ya’ni musbat qutbga musbat zaryad, manfiy qutbga manfiy zaryad yig‘iladi.

Agar tok manbaining qutblari o‘tkazgich bilan ulansa, o‘tkazgichda chet kuchlar hosil qilgan elektr maydon ta’sirida o‘tkazgich bo‘ylab erkin elektronlar harakatlanadi va elektr toki vujudga keladi. Chet kuchlarning tabiati xilma-xil bo‘lishi mumkin.

Tok manbalarida zaryadlarni ajratish jarayonida mexanik, kimyoviy, ichki va boshqa turdagi energiyalar elektr energiyasiga aylanadi. Shunday qilib, har qanday tok manbalarida elektr energiya boshqa ko‘rinishdagi energiya hisobiga hosil qilinadi.

Masalan, elektrofor mashinasida mexanik energiya, termoelementda ichki energiya, fotoelementda yorug‘lik energiyasi, galvanik elementda va akkumulyatorda kimyoviy energiya elektr energiyaga aylanadi.

Galvanik elementlarning ishi davomida elektrodlar yemirilib, eritma sarf bo‘ladi. Shuning uchun ma’lum vaqt o‘tgach, ularni almashtirishga to‘g‘ri keladi.

Akkumulyatorlarda esa elektrodlar yemirilmaydi. Eng sodda akkumulyator sulfat kislota eritmasiga botirilgan ikkita qo'rg'oshin plastinkasidan iborat.

Akkumulyator zaryadlanayotganda elektr toki ish bajaradi, buning natijasida akkumulyatorning kimyoviy energiyasi ortadi. Akkumulyator zaryadsizlanayotganda esa kimyoviy energiya elektr energiyasiga aylanadi.

2. Manbaning elektr yurituvchi kuchi

Tok manbaida chet kuchlar erkin zaryadlarni elektrostatik maydon kuchlariga qarshi ko'chirishda (A_{chet}) ish bajaradi. Berk elektr zanjirida tok bo'lishi uchun chet kuchlar o'tkazgich ichida zaryadni ko'chirishda albatta ish bajarishi kerak.

Chet kuchlarning berk zanjir bo'ylab birlik musbat zaryadni ko'chirishda bajargan ishiga teng bo'lgan fizik kattalik manbaning *elektr yurituvchi kuchi* (EYK) deb ataladi. EYK $\mathcal{E}$ (epsilon) harfi bilan belgilanadi.

Ta'rifga ko'ra, EYKni quyidagicha yozamiz:

$$\mathcal{E} = A_{ch}/q$$

Bunda: $\mathcal{E}$ – EYK, A_{ch} – chet kuchlarning bajargan ishi, q – zaryad. Manbaning EYKi zanjir ochiq bo'lganda uning qutblaridagi potensiallar farqiga teng bo'ladi. Shuning uchun ham elektr yurituvchi kuch birligi potensiallar farqi kabi volt (V) birligida o'lchanadi, ya'ni 1 V = 1 J/1 C

3. Tok manbaining ichki qarshiligi

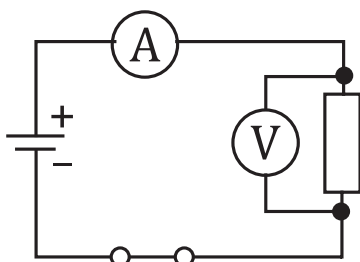
Elektr zanjir bir-biridan tubdan farq qiluvchi qismlardan tashkil topgan. Elektr tokining iste'molchilari, elektr o'lchov asboblari, tok o'tkazuvchi simlar zanjirning tashqi qismini, tok manbaining o'zi esa zanjirning ichki qismini tashkil etadi. Berk elektr zanjir tashqi qismining qarshiligini R bilan, unda ta'sir etuvchi tok manbaining EYKni $\mathcal{E}$ bilan, uning ichki qarshiligini r bilan belgilaymiz (5.4-rasm).

4. To'liq zanjir uchun Om qonuni

Tok manbaiga biror R qarshilikli rezistor ulab, yopiq zanjir hosil qilamiz. Tok manbaining EYKi $\mathcal{E}$, uning ichki qarshiligi r bo'lsin. Generatorlarda r ichki qarshilik deb chulg'am (o'ram)lar qarshiligi, galvanik elementda esa elektrolit eritmasi va elektrodlarning qarshiligi tushuniladi.

5.4-rasm

Yopiq zanjir uchun Om qonuni zanjirdagi tokning kuchi I ni, EYK $\mathcal{E}$ va zanjirning to'la qarshiligi (R+r)ni bir-biriga bog'laydi. Yopiq elektr zanjirning qismlariga Om qonuni tatbiq qilinsa, zanjirning tashqi va ichki qismlaridagi kuchlanishlarning yig'indisi manbaning elektr yurituvchi kuchiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\mathcal{E} = I \cdot R + I \cdot r = U_R + U_r$$

Bunda

$$I = \mathcal{E}/(R+r)$$

Bu tenglik ***yopiq (to'liq) zanjir uchun Om qonuni***ning matematik ifodasi bo'lib, u quyidagicha ta'riflanadi:

Yopiq zanjirdan o'tayotgan tok kuchi manbaning elektr yurituvchi kuchiga to'g'ri proporsional va zanjirning to'la qarshiligiga teskari proporsionaldir.

5. Tok manbaida qisqa tutashuv

Agar tashqi zanjirni uzib, manba qutblari o'zaro ulansa ($R = 0$ bo'lganda), qisqa tutashuv hosil bo'ladi. Qisqa tutashuv toki $I_{q.t}$ EYKi $\mathcal{E}$ va ichki qarshiligi r bo'lgan tok manbai bera oladigan eng katta tokdir:

$$I_{q.t} = \mathcal{E}/r$$

1. EYK nima?

2. Tok manbaining ichki qarshiligi nimani bildiradi?

3. Zanjirning bir qismi va to'liq zanjir uchun Om qonunining farqi nimada?

4. Elektr yurituvchi kuchni nimaga o'xshatish mumkin?

5. Qisqa tutashuv bo'lganini kuzatganmisiz?

6. Tok manbaining ichki qarshiligi ahamiyatga ega kattalikmi?

Masala yechish namunasi

Manbaning EYKi va ichki qarshiligini aniqlash uchun avval uning qisqichlariga 2 Ω, so'ng 4 Ω qarshilikli rezistorlar navbat bilan ulandi. Birinchi holda tok kuchi 0,5 A, ikkinchi holda esa 0,3 A ga teng bo'lgan bo'lsa, manbaning ichki qarshiligi va EYKi nimaga teng?

Berilgan:	**Formula:**	**Hisoblash:**
$R_1 = 2\ \Omega$ $R_2 = 4\ \Omega$ $I_1 = 0{,}5$ A $I_2 = 0{,}3$ A	$I_1 = \dfrac{\mathcal{E}}{R_1 + r}$ $I_2 = \dfrac{\mathcal{E}}{R_2 + r}$	$0{,}5 = \dfrac{\mathcal{E}}{2+r};\ 0{,}3 = \dfrac{\mathcal{E}}{4+r}$ Bu ifodalardan: $r = 1\ \Omega$; $\mathcal{E} = 1+0{,}5\,r = 1{,}5$ V ekanligini topamiz.
$r = ?\ \mathcal{E} = ?$		**Javob:** $r = 1\ \Omega$; $\mathcal{E} = 1{,}5$ V.

27-mashq

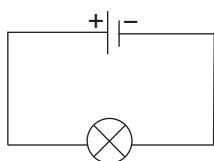
1. Agar akkumulyatorning ichki qarshiligi 0,2 Ω, EYKi 5 V, unga ulangan o‘tkazgichdagi kuchlanishning tushuvi 4,5 V bo‘lsa, o‘tkazgichning qarshiligi (Ω) qanchaga teng bo‘ladi?

2. Ichki qarshiligi 2 Ω bo‘lgan tok manbaiga 5 Ω tashqi qarshilik ulanganda manba qisqichlaridagi kuchlanish 10 V gacha pasaydi. Manbaning EYKini toping.

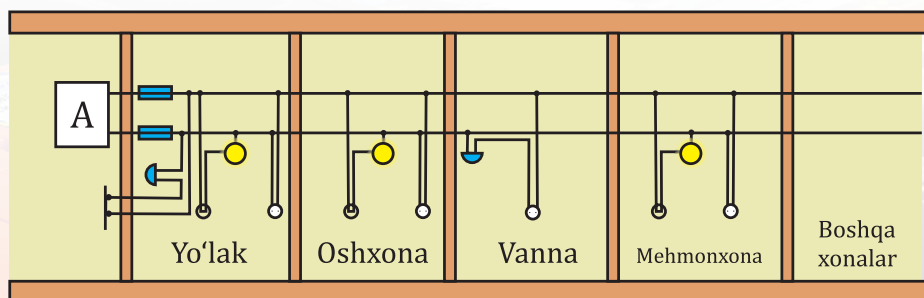
3. Zanjirning tashqi qarshiligi 1,5 Ω bo‘lganda tok kuchi I ga, 4 Ω bo‘lganda esa I/2 ga teng bo‘ldi. Manbaning ichki qarshiligini toping (Ω).

4. Zanjir qarshiligi 4 Ω bo‘lgan rezistordan va EYKi 6 V, ichki qarshiligi 2 Ω bo‘lgan tok manbaidan tuzilgan. Rezistordagi kuchlanish tushuvi qancha (V)ga teng?

5. EYKi 3 V va ichki qarshiligi 0,6 Ω bo‘lgan batareyaning qisqichlarini qarshiligi juda kichik bo‘lgan metall o‘tkazgich bilan tutashtirsak, undan qanday tok kuchi (A) o‘tadi?

Qo‘shimcha topshiriqlar

1. Ushbu sxemani qayta chizing va unga tokni o‘lchash uchun ampermetrni, lampochkadagi kuchlanishni o‘lchaydigan voltmetrni qo‘shing.

2. Ushbu xonadonda elektr asboblarining ulanish sxemasiga qarab, ular qanday ulanganligini, shartli belgilar orqali esa qaysi elektr asboblari qo‘llanganligini ayting!

A
Yo‘lak
Oshxona
Vanna
Mehmonxona
Boshqa xonalar

MASALALAR YECHISH

Masala yechish namunalari

1. Tok manbai R_1=1,8 Ω tashqi qarshilikka ulanganda I_1 = 1,7 A tok beradi. Tashqi qarshilik R_2=2,3 Ω boʻlganda tok kuchi kamayib, I_2 = 0,56 A boʻlgan boʻlsa, manbaning EYKi $\mathcal{E}$ ni va ichki qarshiligi r ni toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
R_1 = 1,8 Ω I_1 = 1,7 A R_2 = 2,3 Ω I_2 = 0,56 A	$\mathcal{E} = I_1R_1+I_1r$ $\mathcal{E} = I_2R_2+I_2r$	$I_1R_1+I_1r = I_2R_2+I_2r \qquad r=\dfrac{I_2R_2-I_1R_1}{I_1-I_2}$ $r=\dfrac{(0,56\cdot 2,3-0,7\cdot 1,8)\ \text{A}\cdot\Omega}{(0,7-0,56)\ \text{A}}=0,2\ \Omega$ $\mathcal{E} = I_1R_1+I_1r = I_1(R_1+r)$ = 0,7 A·(1,8 +0,2) Ω = 1,4 V **Javob:** r = 0,2 Ω; $\mathcal{E}$ = 1,4 V.
$\mathcal{E}$ = ?, r = ?		

2. Diametri 2 mm boʻlgan oʻtkazgichdan 3,14 A tok oʻtayotgan boʻlsa, undagi tok zichligini toping (A/m²).

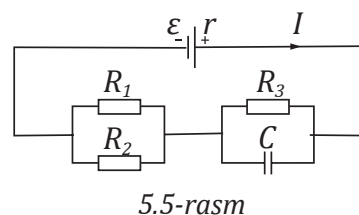
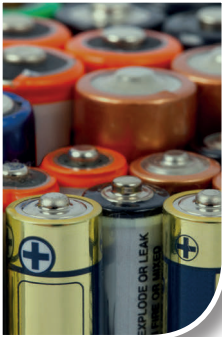
Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
D = 2 mm I = 3,14 A	$j=\dfrac{I}{S}$ $S=\pi R^2$; $D=2R$ $j=\dfrac{I}{\pi\cdot\dfrac{D^2}{4}}$	$j=\dfrac{I}{\pi\cdot\dfrac{D^2}{4}}=\dfrac{3,14\ \text{A}}{3,14\dfrac{\left(2\cdot 10^{-3}\right)^2}{4}\text{m}^2}=\dfrac{4000000\ \text{A}}{4\ \text{m}^2}=1000000\dfrac{\text{A}}{\text{m}^2}$ **Javob:** $j=1\cdot 10^6$ A/m².
j = ?		

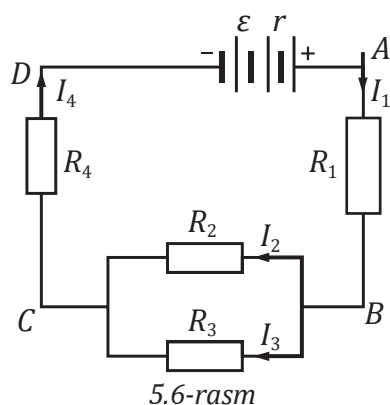
28-mashq

1. Batareya qutblariga ulangan R_A= 2 Ω ichki qarshilikli ampermetr I = 5 A tokni koʻrsatadi. Shu batareya qutblari R_V = 150 Ω ichki qarshilikli voltmetr U = 12 V kuchlanishni koʻrsatsa, qisqa tutashuv tokini toping.

2. Mis simdagi erkin elektronlar konsentratsiyasi $8\cdot 10^{28}$ m^{-3} va ularning tartibli harakat tezligi $5\cdot 10^5$ m/s boʻlsa, tok zichligi nimaga teng (A/m²)?

3. Ichki qarshiligi r = 3 Ω boʻlgan galvanik element taʼminlab turgan zanjir 5.5-rasmda koʻrsatilgandek oʻzaro parallel ulangan. R_1 = R_2 = 28 Ω qarshilikli ikkita rezistor va R_3=40 Ω qarshilikli rezistorlardan iborat boʻlib, R_3 rezistorga C = 5 μF sigʻimli kondensator parallel ulanganda $q = 4,2\cdot 10^{-6}$ C elektr zaryadi bilan zaryadlangan. Elementning EYKi $\mathcal{E}$ ni toping.

5.5-rasm

4*. Har birining EYK $\mathcal{E}$=1,5 V, ichki qarshiligi r = 0,5 Ω bo'lgan 3 ta elementdan hosil qilingan batareya 5.6-rasmda tasvirlangandek tashqi zanjirga ulangan. Agar tashqi zanjirdagi qarshiliklari R_1 = 1,2 Ω, R_2 =1 Ω, R_3 = 4 Ω, R_4 = 1 Ω bo'lsa, har bir qarshilikdan o'tayotgan I_1, I_2, I_3, I_4 toklar va ulardagi kuchlanish U_1, U_2, U_3, U_4 larni toping.

5.6-rasm

5*. Har birining EYKi $\mathcal{E}$ = 1,2 V, ichki qarshiligi r = 0,5 Ω bo'lgan 2 ta element o'zaro parallel ulanib hosil qilingan batareya 5.7-rasmda tasvirlangandek tashqi zanjirga ulangan. Zanjirdagi qarshiliklar R_1=2,75 Ω, R_2=6 Ω, R_3=3 Ω, va R_4=20 Ω ga teng bo'lsa, R_3 qarshilikdan o'tayotgan tok kuchini toping.

6. EYKi 12 V, ichki qarshiligi 1 Ω bo'lgan o'zgarmas tok manbaiga qarshiligi 2 Ω bo'lgan rezistor ulangan. Manbadan o'tayotgan tok kuchini hisoblang (A).

7. Elektr zanjirning tashqi qarshiligi manbaning ichki qarshiligidan 4 marta katta. Agar manbaning EYKi 12,5 V bo'lsa, tashqi qarshilikdagi kuchlanishning tushuvini aniqlang (V).

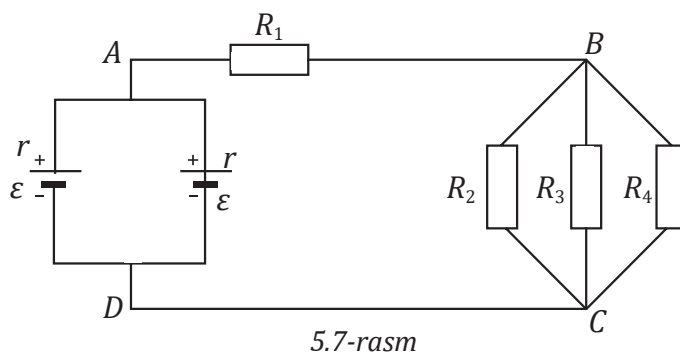
8. EYKi 5 V, ichki qarshiligi 0,5 Ω bo'lgan akkumulyatorga qarshiligi 19,5 Ω bo'lgan lampochka ulangan. Qisqa tutashuv yuz bersa, tok kuchi qanchaga teng bo'ladi?

9. Ichki qarshiligi 0,01 Ω bo'lgan tok manbai qisqa tutashganda tok kuchi 1200 A bo'ldi. Tok manbaining EYKini toping (V).

10. Ichki qarshiligi 2 Ω, EYKi 12 V bo'lgan akkumulyatorga qarshiligi 4 Ω bo'lgan lampa ulandi. Akkumulyator qutblaridagi kuchlanishni toping.

11. Ko'ndalang kesim yuzasi 4 mm^2 bo'lgan o'tkazgichdagi tok kuchi 5 μA bo'lsa, tok zichligini toping.

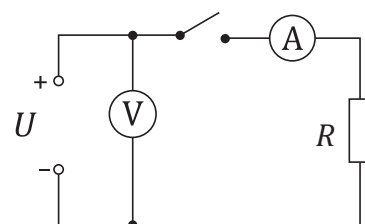
12. Ko'ndalang kesim yuzasi 10 mm^2 bo'lgan simdagi o'tkazuvchanlik elektronlarning konsentratsiyasi $5 \cdot 10^{28}$ m^{-3}. Tok kuchi 10 A bo'lganda elektronlar ilgarilanma harakatining o'rtacha tezligi qanday bo'ladi?

5.7-rasm

TOK MANBAINING ELEKTR YURITUVCHI KUCHINI VA ICHKI QARSHILIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi*:* ampermetr va voltmetr yordamida tok manbaining elektr yurituvchi kuchini va ichki qarshiligini aniqlash.

Kerakli asboblar*:* laboratoriya universal tok manbai yoki akkumulyator, ampermetr, voltmetr, kalit, ulovchi similar, 10 Ω va 20 Ω qarshilikka ega bo‘lgan rezistorlar.

Ishni bajarish tartibi

Rasmda keltirilgan elektr zanjirini yig‘ing. Zanjirga 10 Ω qarshilikli rezistorni ulang.

2. Kalit ochiq holda voltmetr ko‘rsatishi U_V ni yozib oling. $U_V = \mathcal{E}$ ga teng deb oling.

3. Kalitni ulang va ampermetr ko‘rsatishi I_A ni yozib oling.

4. Natijalarni jadvalga ko‘chiring.

№	U_V, (V)	U_2, (V)	I_A, (A)	$\mathcal{E}$, (V)	r, (Ω)

5. Tok manbaining ichki qarshiligini $r = \frac{\varepsilon - U_2}{I}$ formuladan hisoblang va natijani jadvalga ko‘chiring.

6. Zanjirga 20 Ω qarshilikli rezistorni ulang va tajribani takrorlang.

7. 1- va 2-tajribada topilgan r_1 va r_2 larni solishtiring.

1. Elektr zanjirning qaysi qismi ichki, qaysi qismi tashqi zanjir deyiladi?

2. Manbaning EYKi deganda nimani tushunasiz?

3. Manbaning ichki qarshiligi nima hisobiga hosil bo‘ladi?

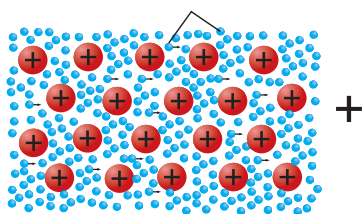
36-MAVZU

METALL O'TKAZGICHLAR QARSHILIGINING TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGI

1. Metall o'tkazgichlar qarshiligining temperaturaga bog'liqligi.
2. O'ta o'tkazuvchanlik.

1. Elektr energiyasini ishlab chiqaradigan qanday manbalarni bilasiz?

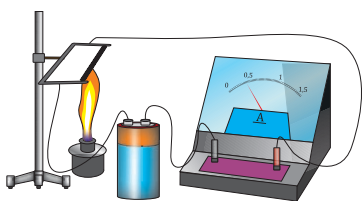
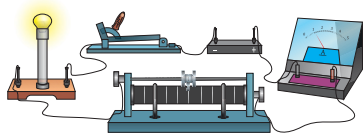
2. Elektr tokini uzatish liniyalarida qanday o'tkazgichlar (simlar)dan ko'proq foydalaniladi?

3. Simyog'ochlarda qanday o'tkazgichlarni ko'rgansiz va ularni boshqa turdagi o'tkazgich bilan almashtirsa bo'ladimi?

1. Metall o'tkazgichlar qarshiligining temperaturaga bog'liqligi

5.8-rasm

Quyi sinflarda fizikani o'rganayotganda siz metall o'tkazgichlarning qarshiligi (R) moddaning turiga va uning geometrik o'lchamlariga (uzunligi l va ko'ndalang kesim yuzasi S)ga bog'liqligini bilib olgansiz. Metallarda temperaturaning ortishi erkin elektronlar tezligining va to'qnashishlar sonining ortishiga olib keladi. Bundan tashqari, kristall panjara tugunlaridagi ionlarning tebranish amplitudasi va uning harakatlanayotgan elektronlar bilan to'qnashuvlari soni ortadi. Natijada zaryadlangan zarralarning tartibli harakat tezligi kamayadi, bu esa tok kuchining kamayishiga olib keladi. (5.8-rasm).

Qarshilik o'tkazgichning haroratiga ham bog'liqmi?

Keling, bir tajriba o'tkazaylik. Galvanometr, metall simli spiral va tok manbasidan tashkil topgan elektr zanjirini yig'amiz (5.9 *a*-rasm). Bu tajriba spiral qizdirilganda uning qarshiligi ortishini ko'rsatadi. Tajriba yana shuni ko'rsatadiki, metall o'tkazgichni qizdirganimizda galvanometr ko'rsatkichi pasayadi.

a)

b)

5.9-rasm

Yoki 5.9 *b*-rasmdagi elektr zanjirini yig'ib, tajriba o'tkazsak ham bo'ladi. Dastlab lampochka ravshan yonib turadi. Spiral qizdirilsa, lampochka ravshanligi kamayadi. Agar ularga ketma-ket ampermetr ulansa, o'tuvchi tok kuchi kamayganligini ko'rsatadi. Bu tajribalardan xulosa qilsak, harorat oshishi bilan metallarning qarshiligi ortadi. Metall o'tkazgich moddasining solishtirma qarshiligi erkin zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasiga va ularning barqaror muvozanat pozitsiyalari atrofida tebranadigan kristall panjara ionlari bilan to'qnashuvlari soniga bog'liq.

Metall o'tkazgichlarda erkin elektronlarning konsentratsiyasi ma'lum bir o'tkazgich uchun amalda doimiy bo'lib, temperaturaga bog'liq emas. Biroq kristall panjaraning ionlari bilan erkin elektronlarning to'qnashuvlari soni harorat oshishi bilan ortadi. Bu tempe-

ratura oshishi bilan metall o'tkazgich qarshiligining oshishiga olib keladi.

O'tkazgichlar qarshiligining temperaturaga bog'liqligini tavsiflashda qarshilikning temperatura koeffitsiyenti (α) kiritiladi. Bunda α – qarshilikning temperatura koeffitsiyenti deyiladi.

α – koeffitsiyent temperatura 1 °C ga o'zgarganda o'tkazgich qarshiligining o'zgarishi 0 °C dagi qarshiligining qancha qismini tashkil etishini ko'rsatadi:

$$\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0 \cdot (T - T_0)} \qquad (1)$$

Bu yerda ρ_0 va ρ o'tkazgich moddasining T_0 = 273 K (0 °C) va berilgan (T) temperaturadagi solishtirma qarshiligi. Aniq ishlaydigan elektron sxemalarda o'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'liqligini hisobga olish zarur bo'ladi. Uni hisobga olmaslik qo'shimcha xatoliklarning yuzaga kelishiga sababchi bo'lishi mumkin.

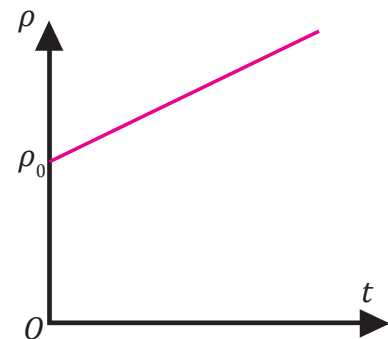
Formuladan o'tkazgich moddasining (T) temperaturadagi solishtirma qarshiligi (ρ)ni topsak:

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \qquad (2)$$

formulaga ega bo'lamiz. Bunda $\Delta T = T - T_0$. O'tkazgichning mutlaq temperaturadagi o'sishi Selsiy shkalasi bo'yicha temperaturaning oshishi bilan bir xil bo'ladi, ya'ni: $\Delta T = \Delta t$. Shunday qilib, metall o'tkazgich moddasining qarshiligi temperatura oshishi bilan ortadi.

5.10-rasm

Bu bog'liqlikning grafigi 5.10-rasmda ko'rsatilgan.

Quyidagi jadvalda ba'zi metallar solishtirma qarshiligining temperatura koeffitsiyenti keltirilgan:

Metall yoki qotishma	α, °C^{-1}	Metall yoki qotishma	α, °C^{-1}
Alyuminiy	0,0042	Nikel	0,0065
Vismut	0,0046	Niobiy	0,003
Volfram	0,0045	Nixrom	0,0002
Temir	0,0062	Qalay	0,0044
Oltin	0,0040	Platina	0,0039
Indiy	0,0047	Simob	0,0010
Kadmiy	0,0042	Qo'rg'oshin	0,0042
Kobalt	0,0060	Kumush	0,0040
Mis	0,0039	Xrom	0,0059
Molibden	0,0050	Xromal	0,000065
Natriy	0,0055	Rux	0,0042

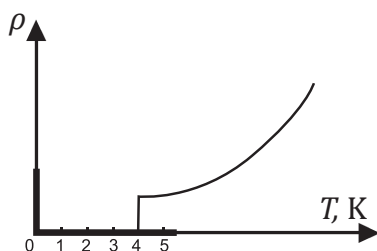
O'tkazgichlar qizdirilganda ularning geometrik o'lchamlari kam o'zgaradi. O'tkazgichning qarshiligi asosan solishtirma qarshilik o'zgarishi tufayli o'zgaradi. O'tkazgichning 0 °C temperaturadagi qarshiligi $R_0 = (\rho_0 \cdot l)/S$, t °C temperaturadagi qarshiligi $R = (\rho \cdot l)/S$ ekanligidan foydalanib, ikkala formulani hadma-had bo'lib, R ni topsak:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \qquad (3)$$

formulaga ega bo'lamiz.

5.11-rasm

Metall o'tkazgichlar uchun bu formulalar T > 140 K temperaturada qo'llanadi. Barcha metallar uchun ularning qarshiligi temperatura oshishi bilan ortadi, ya'ni qarshilikning temperatura koeffitsiyenti α musbat qiymatda bo'ladi. Ko'pgina metallar uchun (lekin qotishmalar emas) 0 dan 100 °C gacha bo'lgan temperaturada qarshilikning termik koeffitsiyentining o'rtacha qiymati: $\alpha \approx 1/273$ $°C^{-1}$.

Metallar qarshiligining temperaturaga bog'liqligini o'lchashda maxsus asboblar – qarshilik termometrlari qo'llanadi (5.11-rasm).

5.12-rasm

2. O'ta o'tkazuvchanlik

Metallarning solishtirma qarshiligi ρ temperaturaning pasayishi bilan (2) formulaga asosan 5.12-rasmdagi egri chiziq bo'yicha kamayishi kerak edi. Lekin tajriba natijalari ρ ning T ga bog'liqligi 5-rasmdagi egri chiziq bo'ylab sodir bo'lishini ko'rsatadi. Ayrim sof metallarning (Al, Pb, Zu va hokazolar) solishtirma qarshiligi absolyut nolga yaqin temperaturadayoq (T_k = 0,14 – 20 K) sakrab, nolgacha kamayishi (5.12-rasm) va ular o'ta o'tkazuvchan bo'lib qolishi kuzatilgan. Bu hodisani birinchi marta 1911-yil 28-aprelda gollandiyalik fizik G. Kamerling Onnes tajriba asosida kashf qildi. U simobni suyuq geliyda sovitganda simobning qarshiligi boshida asta-sekin kamayib, so'ng temperatura 4,1 K ga yetganda sakrab birdaniga nolga tushib qolganligini aniqladi. Agar o'ta o'tkazuvchan holatda bo'lgan halqa shaklidagi o'tkazgichda tok hosil bo'lsa, keyin manba uzib qo'yilsa, istalgancha uzoq vaqt davomida bu tokning kuchi o'zgarmay qolaveradi. Haqiqatan ham, Kamerling Onnes 7 K temperaturadagi qo'rg'oshinda EYK ta'siri to'xtagandan keyin 4 sutka davomida elektr toki o'tib turganligini kuzatgan. O'ta o'tkazuvchanlik hodisasidan amalda foydalanish kritik temperaturaning pastligi natijasida qiyinchiliklar tug'dirmoqda. Keyingi izlanishlarda bunday holat ko'pgina metallar va qotishmalarda 25 K dan past temperaturalarda kuzatiladi. 1957-yilda Kollinz tomonidan o'tkazilgan tajribada tok manbai bo'lmagan berk zanjirda tok 2,5 yil mobaynida to'xtovsiz oqib turgan. 1986-yilda metallokeramika materiallarida yuqori temperaturali (100 K) o'ta o'tkazuvchanlik jarayoni kuzatilgan. O'ta o'tkazuvchanlik hodisasini amalda qo'llash juda ulkan mablag'ni tejashini e'tiborga olib, bu sohada ko'plab tadqiqotlar o'tkazilmoqda. Qarshilik termometrlarining ish prinsipi metallar elektr qarshiligi-

ning temperaturaga bog'liqligiga asoslangan. Bunday termometrlar temperaturani 0,003 K gacha aniqlikda o'lchashga imkon beradi. Ayniqsa, suyuqlik termometrlarini qo'llash qiyin bo'lgan joylarda ularning xizmati beqiyosdir.

1. Metallarda temperatura ortishi bilan ularning qarshiligi qanday o'zgaradi?

2. Metallar qarshiligining temperaturaga bog'liq holda o'zgarishidan qanday foydalaniladi?

3. O'ta o'tkazuvchanlik holatidan sanoat, transportda foydalanishning istiqbollari qanday?

4. O'tkazgichning qarshiligi qanday kattaliklarga bog'liq?

5. O'tkazgichning qarshiligi qanday hisoblanadi?

Masala yechish namunasi

Elektr lampochkasidagi volframdan yasalgan spiralning 20 °C dagi qarshiligi 30 Ω ga teng. Lampochka 220 V o'zgarmas tok manbaiga ulanganda undan o'tuvchi tok kuchi 0,6 A ga teng bo'ldi. Lampochka yonish vaqtidagi spiral temperaturasini aniqlang. Volfram uchun temperaturaning termik koeffitsiyenti α =0,005 1/°C.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
t_1 = 20 °C R_1 = 30 Ω U = 220 V I = 0,6 A α = 0,005 °C^{-1} Δt = ?	$R_1 = R_0\,(1+\alpha \cdot t_1)$ $R = \frac{U}{I}$ $R = R_0\,(1+\alpha \cdot \Delta t)$	$R_0 = \dfrac{30\ \Omega}{1+0{,}005\frac{1}{°C}\cdot 20\,°C} \approx 27\ \Omega$ $R = \dfrac{220\,V}{0{,}6\,A} \approx 367\ \Omega$ $\Delta t = \dfrac{(367-27)\ \Omega}{27\ \Omega \cdot 0{,}005\ \frac{1}{°C}} \approx 2518\ °C$ **Javob:** Δt =2518 °C.

29-mashq

1. Mis sterjendan 0,5 s davomida zichligi 9 A/mm^2 bo'lgan tok o'tganda uning temperaturasi qanday o'zgaradi? Misning solishtirma qarshiligi 1,7 · 10^{-8} Ω·m, zichligi 8900 kg/m^3, solishtirma issiqlik sig'imi 380 J/(kg·K).

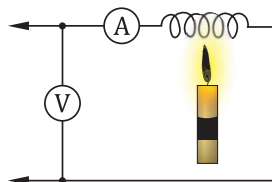
2. Niobiydan yasalgan spiral 100 °C ga qizdirilsa, uning solishtirma qarshiligi necha marta o'zgaradi? Niobiy uchun α = 0,003 °C^{-1}.

3. Nikelin simning 20 °C dagi qarshiligi 20 Ω ga teng. U 120 °C gacha qizdirilsa, qarshiligi nimaga teng bo'ladi? Nikelin uchun α = 0,0001 °C^{-1}.

4. Mis simli g'altak chulg'amining qarshiligi 20 °C da 10 Ω ga teng. Tokka ulangandan keyin chulg'amning qarshiligi 16,2 Ω ga teng bo'ldi. Chulg'am qancha temperaturagacha qiziydi? Mis qarshiligining temperatura koeffitsiyenti 4,15·10^{-3} °C^{-1} ga teng.

5. 0 °C temperaturadagi alyuminiyning qarshiligini 2 marta orttirish uchun uni qanday temperaturagacha qizdirish kerak (°C). Alyuminiy uchun qarshilikning termik koeffitsiyenti α = 4·10^{-3} °C^{-1}.

Qo'shimcha topshiriqlar

1. Yuqoridagi ma'lumotlarga tayanib 5.13-rasmni izohlang.

5.13–rasm

2. Elektr stansiyalaridan shaharlarga va uzoq masofalarga elektr energiyasi uzatiladi. Odatda elektr energiyasi havo elektr uzatish liniyalarida amalga oshiriladi. Biroq so'nggi yillarda elektr kabellarini yer ostiga ko'mib qo'yish talablari ko'paymoqda.

Savol:

a) Yerosti elektr uzatish kabellari ko'milishi mumkin bo'lgan ikkita hududni ayting.

b) Yerosti kabellari bilan solishtirganda havo elektr uzatish liniyalarining ikkita afzalligini ayting.

d) Havo elektr uzatish liniyalariga nisbatan yerosti kabellarining ikkita afzalligini aytib bering.

Masala yechish namunalari

1. Cho'g'lanma lampochka volfram tolasining qarshiligi $t_1 = 20$ °C temperaturada $R_1 = 40\ \Omega$ ga teng, uning $t_0 = 0$ °C temperaturadagi qarshiligi R_0 ni toping. Cho'g'lanma lampochka $U = 120$ V kuchlanishli tok manbaiga ulanganda volfram tolasidan $I = 0{,}3$ A tok o'tsa, qolgan volfram tolasining R_2 qarshiligi va t_2 temperaturasini toping. Volfram uchun qarshilikning temperatura koeffitsiyenti $\alpha = 4{,}6 \cdot 10^{-3}$ °C^{-1}.

Berilgan:	**Formula:**	**Hisoblash:**
$t_1 = 20$°C $R_1 = 40\ \Omega$ $U = 120$V $t_0 = 0$°C $I = 0{,}3$ A $\alpha=4{,}6\cdot10^{-3}$ °C^{-1}	$R = R_0\,(1+\alpha\cdot\Delta t)$	$R_0 = \frac{R_1}{1+\alpha t_1} = \frac{40\ \Omega}{1+4{,}6\cdot10^{-3}\ °C^{-1}\cdot 20\ °C} = 36{,}63\ \Omega$ $R_2 = \frac{U}{I} = \frac{120\,V}{0{,}3\,A} = 400\,\Omega$ $t_2 = \frac{R_2 - R_0}{R_0\cdot\alpha} = \frac{(400-36{,}63)\ \Omega}{36{,}63\ \Omega\cdot 4{,}6\cdot10^{-3}\ °C^{-1}} = 2157\ °C$ **Javob:** $R_0 = 36{,}63\ \Omega$, $R_2 = 400\ \Omega$, $t_2 = 2157$ °C.
$R_0 = ?$ $R_2 = ?$ $t_2 = ?$		

2. Elektr lampochkadagi volfram tolasining qarshiligi 20 °C temperaturada 35,8 Ω ga teng. Lampochka 120 V kuchlanishli tarmoqqa ulanganda toladan 0,33 A tok oqib o'tsa, tolaning temperaturasini aniqlang.

Berilgan:	**Formula:**	**Hisoblash:**
$t_1 = 20$ °C $R_1 = 35{,}8\ \Omega$ $I = 0{,}33$ A $\alpha=4{,}6\cdot10^{-3}$ °C^{-1} $U = 120$ V	$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1)$ $R = R_0(1 + \alpha\Delta t_2)$ $R_2 = U/I$	$R_0 = \frac{R_1}{1+\alpha t_1}$ $\frac{U}{I} = \frac{R_1}{1+\alpha t_1}(1+\ \alpha t_2)$ $t_2 = \frac{U(1+\alpha t_1) - IR_1}{\alpha I R_1}$ $t_2 = \frac{120\,V(1+4{,}6\cdot10^{-3}\ °C^{-1}\cdot 20\ °C) - 0{,}33\ A\cdot 35{,}8\ \Omega}{4{,}6\cdot10^{-3}\ °C^{-1}\cdot 0{,}33\ A\cdot 35{,}8\ \Omega} = 1935\ °C$ **Javob:** $t_2 = 1935$ °C.
$t_2 = ?$		

30-mashq

1. Elektr lampochkadagi volfram tolasining 0 °C dagi qarshiligi 300 Ω, lampochka yonganda uning qarshiligi 2400 Ω bo'ladi. Tolaning cho'g'lanish temperaturasini aniqlang. Volfram uchun qarshilikning termik koeffitsiyenti 0,005 $°C^{-1}$.

2. Mis simdan qilingan elektromagnit chulg'amining qarshiligi 20 °C da 2 Ω edi, uzoq muddat ishlangandan so'ng 2,4 Ω bo'lib qoldi. Bunda chulg'am qanday temperaturagacha qizigan?

3. Temir simdan qilingan reostat, milliampermetr va tok manbai ketma-ket ulangan. Temperatura 0 °C bo'lganda reostat qarshiligi R = 200 Ω ga teng. Milliampermetrning qarshiligi r = 20 Ω ga, ko'rsatishi I_0 = 30 mA ga teng. Agar reostat 50 °C ga qizdirilsa, milliampermetr qanday qiymatni ko'rsatadi? Temir qarshiligining termik koeffitsiyenti $\alpha = 6 \cdot 10^{-3}$ $°C^{-1}$ ga teng. Manbaning ichki qarshiligini e'tiborga olmang.

4. Temperatura t_1 = 0 °C dan t_2 = 30 °C gacha o'zgarganda chulg'ami mis simdan qilingan elektromagnit iste'mol qiladigan quvvat necha foiz o'zgaradi? Mis qarshiligining termik koeffitsiyenti $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3}$ $°C^{-1}$ ga teng.

5. Mis simli g'altak chulg'amining qarshiligi 14 °C da 10 Ω ga teng. Tokka ulangandan keyin chulg'amning qarshiligi 12,2 Ω ga teng bo'ldi. Chulg'am qancha temperaturagacha qiziydi? Mis qarshiligining temperatura koeffitsiyenti $4,15 \cdot 10^{-3}$ $°C^{-1}$ ga teng.

6. Elektr lampa balloniga 220 V, 100 W yozuvi yozilgan. Sovuq holda (0 °C) cho'g'lanish tolasi qarshiligini o'lchash uchun lampaga 2 V kuchlanish berildi, bunda tok kuchi 54 mA ga teng bo'ldi. Cho'g'lanish temperaturasini toping. Volfram uchun qarshilikning termik koeffitsiyenti $\alpha = 4,8 \cdot 10^{-3}$ $°C^{-1}$.

7. Platina simning 20 °C temperaturadagi qarshiligi 20 Ω, 500 °C dagi qarshiligi esa 59 Ω ga teng. Platina uchun qarshilikning termik koeffitsiyentini toping.

8. 0 °C temperaturadagi alyuminiyning qarshiligini 3 marta orttirish uchun uni qanday temperaturagacha qizdirish kerak (°C)? Alyuminiy uchun qarshilikning termik koeffitsiyenti $\alpha = 4 \cdot 10^{-3}$ $°C^{-1}$.

LOYIHA ISHI
MUQOBIL ELEKTR MANBALARI

Maqsad: muqobil energiya manbalarini o‘rganish.

Elektr energiyasi hosil qiladigan “noan’anaviy” energiya manbalari: Quyosh, shamol, geliotermal, vodorod va boshqalar.

Quyosh energiyasi. Quyosh energiyasi – Quyoshda sodir bo‘layotgan yadro reaksiyalari tufayli hosil bo‘ladigan nurlanishning energiyasidir.

Standart panel

Quyosh nurlanishidan elektr va issiqlik energiyasini olish usullari

1. Fotoelement yordamida elektr energiyasi olish.

2. Geliotermal energiya – quyosh nurlari ta’sirida jism sirtining isishi.

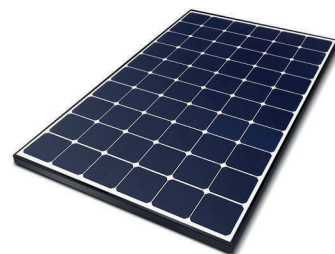
3. “Quyosh yelkanlari” – havosiz bo‘shliqda quyosh nurlarining kinetik energiyaga aylanishi.

4. Quyosh aerostat elektrostansiyasi – aerostat sirtining qizishi natijasida aerostat balloni ichidagi havoni generatsiyalash.

Quyosh paneli modullari

Egiluvchan panel

Shamol energiyasi. Shamol energiyasi – havo massasining harakati tufayli hosil bo‘ladigan energiya.

Shamol ta’sirida aylangan parraklar val orqali harakatni elektr generatoriga uzatadi. Bu yerda o‘z navbatida elektr energiyasi ishlab chiqariladi.

Quyida shamol energiyasi yordamida elektr energiyasini hosil qilishni o‘rganamiz

Kerakli jihozlar: konserva idishi, elektr dvigatel, yog‘och chizg‘ich, penoplast taglik, ulovchi similar, soch quritkich (fen), elektr lampochka, termoyelim, qaychi, elektr kavsharlash uskunasi.

Ishni bajarish tartibi

1. Qaychi yordamida konserva idishi yoki o‘rniga plastik idishdan uch yoki to‘rt parrakli aylanish qismini yasang.

2. Elektr dvigatelni chizg‘ichga yelim yordamida yopishtiring.

3. Parrakni elektr dvigatelning aylanish o‘qiga yelim yordamida yopishtiring.

4. Chizg‘ichni penoplast taglikka tik holda yelim yordamida mahkamlang.

5. Elektr dvigatelning ikkita qutbiga ulovchi simlarni elektr kavsharlash uskunasi yordamida ulang. Agar elektr kavsharlash uskunasi bo‘lmasa, qisqich yordamida biriktiring.

6. Ulovchi simlarning ikkinchi uchiga qisqich yordamida yorug‘lik diodini ulang.

7. Tayyor bo‘lgan qurilmani shamolda sinab ko‘ring va yorug‘lik diodining yonishini kuzating.

8. Agar shamol bo‘lmasa, soch quritkich yordamida sun’iy shamol hosil qilib, parrakni aylantiring va xulosa chiqaring.

Tajribada qaysi turdagi energiya boshqa qanday turdagi energiyaga aylandi?

Shamol yordamida biror energiya olish uchun nimalarga e’tibor qaratish mumkinligini aniqlang.

Quyida berilgan grafiklarda 4 xil joyda bir yil davomida shamolning o‘rtacha tezligi qiymatlari berilgan.

1-vazifa. Qaysi grafikda shamoldan energiya olinadigan generator qurish uchun eng mos joy tanlangan?

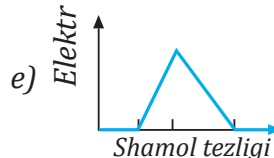
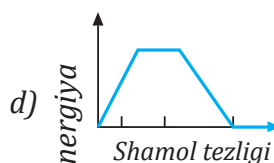
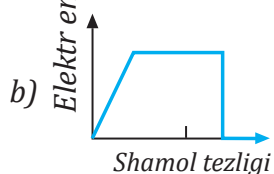
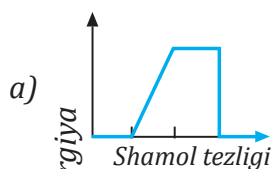
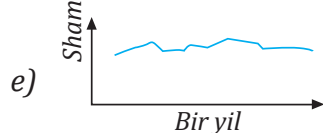
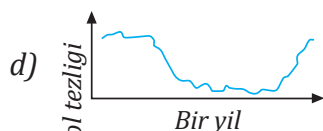
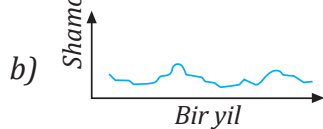
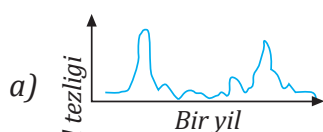
2-vazifa. Neft, toshko‘mir va boshqa qazib olinadigan energiya manbalariga qaraganda shamoldan energiya olishning bitta afzalligini va bitta kamchiligini yozing.

3-vazifa. Shamol qanchalik kuchli bo‘lsa, shamol generatori parraklari tez aylanadi va ko‘proq elektr energiyasini ishlab chiqaradi. Biroq shamol tezligining ishlab chiqarilgan elektr energiyasi quvvati bilan bevosita aloqasi yo‘q.

Quyida shamol yordamida energiya ishlab chiqarilgan to‘rtta shart mavjud.

- Shamol tezligi v_1 ga teng bo‘lganda parraklar aylanadi.
- Shamol tezligi v_2 dan yuqori bo‘lganda xavfsizlik nuqtayi nazaridan parraklarning aylanish tezligi oshmaydi.
- Shamol tezligi v_2 ga teng bo‘lganda elektr energiya maksimal bo‘ladi.
- Shamol tezligi v_3 ga teng bo‘lganda parraklar aylanishdan to‘xtaydi.

Qaysi grafikda shamol tezligi va ishlab chiqarilgan elektr energiyasi o‘rtasidagi munosabatlar yaxshiroq ko‘rsatib berilgan?

4-vazifa. Shamol generatorlari Yer sathidan qanchalik balandda bo‘lsa, ularning barcha qanotlari bir xil tezlikda aylanadi?

Yer sathidan yuqori balandliklarda joylashgan shamol generatorlarining parraklari nima uchun bir xil tezlikda aylanayotganini tushuntiruvchi eng to‘g‘ri javobni belgilang.

a) Yer sathidan qanchalik balandda bo‘lsa, havo zichligi past bo‘ladi.

b) Yer sathidan qanchalik balandda bo‘lsa, harorat past bo‘ladi.

d) Yer sathidan qanchalik balandda bo‘lsa, havo namligi kattaroq bo‘ladi.

e) Yer sathidan qanchalik balandroqda bo‘lsa, tez-tez yomg‘ir yog‘adi.

1. Shamol tegirmonlarida qanday qilib energiya bir turdan boshqasiga aylantiriladi?

2. Olinadigan energiya shamolning tezligiga qanday bog‘langan?

3. Sizning yashash joyingizda shamoldan energiya olinadigan generator qurish uchun mos joy bormi?

4. Sizningcha, O‘zbekistonning qaysi hududi shamoldan energiya olinadigan generatorlar qurish uchun mos?

5. Shamoldan energiya olinadigan generator qurish mamlakatimiz ravnaqiga qanday hissa qo‘shadi deb o‘ylaysiz?

V BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Maydon kuchlanganligi 800 V/m bo'lgan nuqtaga joylashgan 5 μC zaryadga qancha elektrostatik kuch (N) ta'sir qiladi?

2. Radiusi 6 cm bo'lgan metall sharga 24 nC zaryad berilgan. Shar markazidan 9 cm uzoqlikdagi nuqtada kuchlanganlik qanchaga teng bo'ladi (kV/m)?

3. Radiusi 12 cm bo'lgan sharning sirtida 0,18 μC musbat zaryad tekis taqsimlangan. Sharning markazidagi maydon potensialini toping (V).

4. Nuqtaviy q zaryad potensiallar farqi 100 V bo'lgan ikki nuqta orasida ko'chirilganda 5 mJ ish bajarilgan. q zaryad miqdori (μC) qanchaga teng bo'lgan?

5. Batareyaning EYKi 1,55 V. U qarshiligi 3 Ω bo'lgan tashqi qarshilikka ulanganda batareya qisqichlaridagi kuchlanish 0,95 V ga teng bo'ldi. Batareyaning ichki qarshiligi nimaga teng?

6. EYKi 30 V bo'lgan batareya ulangan tok zanjiridagi tok kuchi 3 A ga teng. Batareya qisqichlaridagi kuchlanish 18 V. Batareyaning ichki qarshiligini va tashqi zanjir qarshiligini toping.

7. Tok manbai 5 Ω li qarshilikka ulanganda zanjirdagi tok kuchi 5 A ga, 2 Ω li qarshilikka ulanganda zanjirdagi tok kuchi 8 A ga teng bo'ldi. Manbaning ichki qarshiligini va EYKini toping.

8. Tok manbaining EYKi 1,5 V. Qisqa tutashuv toki 30 A. Manbaning ichki qarshiligi nimaga teng? Agar element qarshiligi 1 Ω bo'lgan g'altakka ulansa, element qutblaridagi kuchlanish qanchaga teng bo'ladi?

9. EYKi 1,5 V va 2 V bo'lgan elementlar bir xil ishorali qutblari bilan ulangan. Batareya qutblariga ulangan voltmetr 1,7 V kuchlanishni ko'rsatdi. Manbalarning ichki qarshiliklari nisbatini toping.

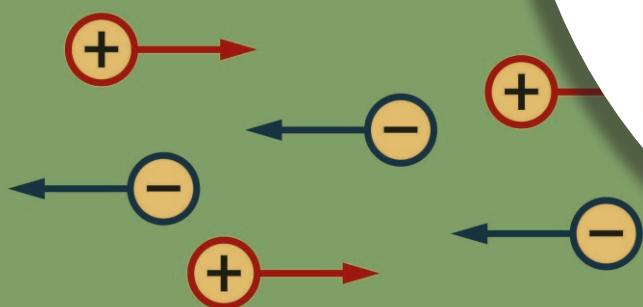
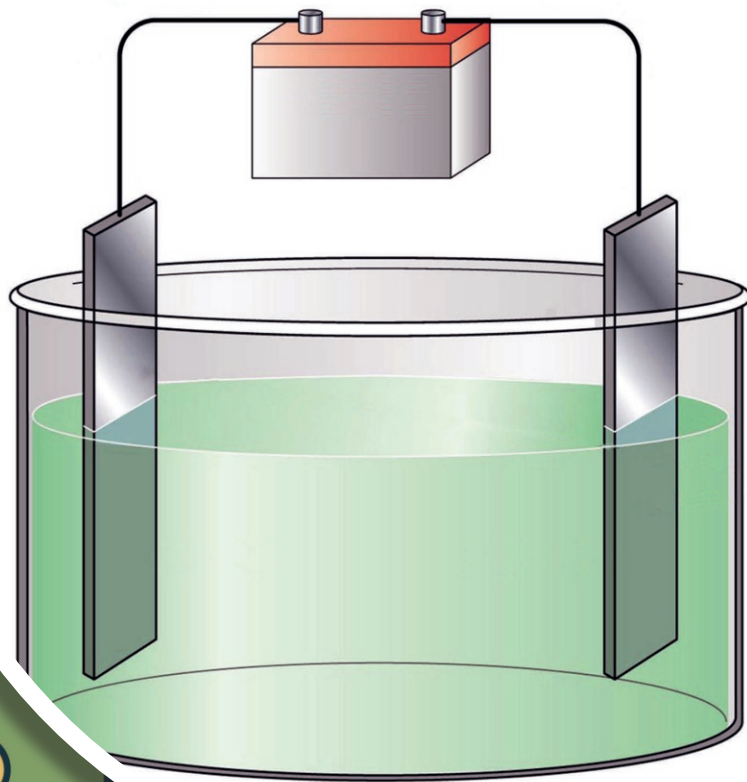
10. EYKi 1,3 V va 2 V bo'lgan elementlarning ichki qarshiliklari mos ravishda 0,1 Ω va 0,25 Ω ga teng. Ular parallel ulangan. Zanjirdagi tok kuchi va manbalarning qisqichlaridagi kuchlanishni toping.

11. Yassi kondensator qoplamalaridagi kuchlanish 150 V, zaryadi 80 μC bo'lsa, kondensatordagi maydon energiyasi nimaga teng?

12. Yassi kondensator 2 μC zaryad olib, 0,5 μJ maydon energiyasiga ega bo'ldi. Kondensator sig'imi qanday bo'lgan?

13. Yassi kondensatorga $4 \cdot 10^{-5}$ C zaryad berilganda uning energiyasi 20 mJ ga teng bo'ldi. Kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanishni toping.

14. Kuchlanganligi $3 \cdot 10^{3}$ V/m bo'lgan nuqtadagi elektr maydonning energiya zichligini toping (μJ/m^{3}). Muhitning dielektrik singdiruvchanligi 4 ga teng.

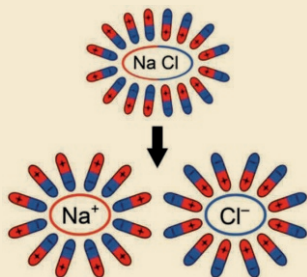
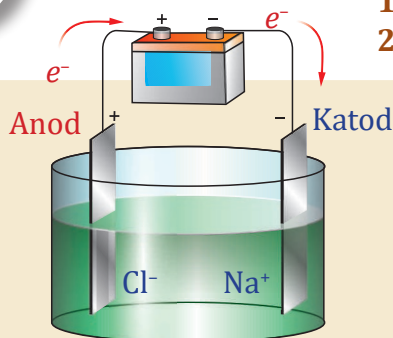
VI BOB

TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI

Siz bu bobda quyidagi mavzular bo‘yicha ma’lumotlar olasiz:

- suyuqliklarda elektr toki;
- Faradeyning birinchi va ikkinchi qonuni;
- elektrolizdan turmushda va texnikada foydalanish;
- gazlarda elektr toki;
- yarimo‘tkazgichlar va ularning metallardan farqi;
- yarimo‘tkazgichlarning elektr o‘tkazuvchanligi;
- yarimo‘tkazgichli asboblar va ularning texnikada qo‘llanishi.

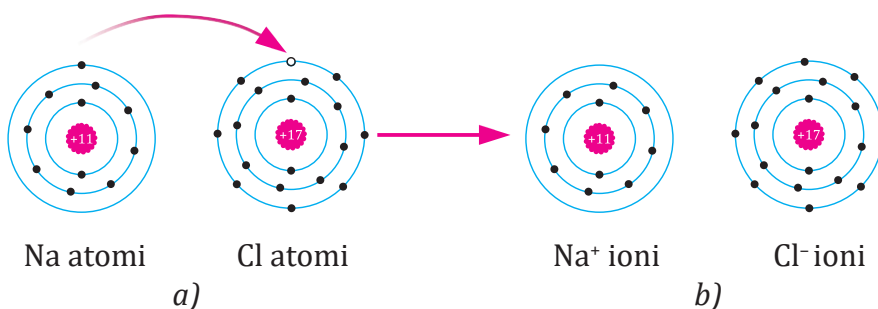
38-MAVZU

SUYUQLIKLARDA ELEKTR TOKI

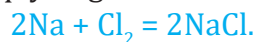
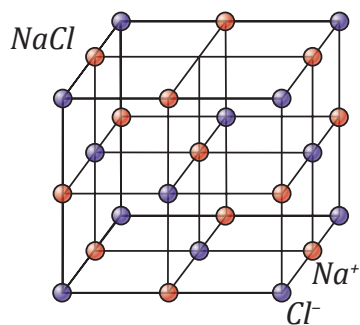
1. Ionli bog'lanish.
2. Elektrolitlar.

Nima uchun elektrolitda turli ishorali ionlar o'zaro tortishish natijasida birlashib, neytral molekulalarga aylanib qolmaydi? Qanday sababga ko'ra elektrolitda molekulalar doimo ionlarga ajralib turadi?

Ariqdan oqayotgan suv, tuz yoki kislota aralashtirilgan suv, mashina akkumulyatori ichidagi suyuqliklar ionli o'tkazuvchanlikka ega bo'lib, ular elektrolit hisoblanadi.

1. Ionli bog'lanish

Ma'lumki, ko'pgina moddalarning atomlari bir-biri bilan asosan uch xil: metall bog'lanish, kovalent bog'lanish va ionli bog'lanishda bo'lishi mumkin. Ionli bog'lanishga misol qilib osh tuzi – natriy xlorid (NaCl)ni keltirishimiz mumkin. Natriy (Na) atomida 11 ta elektron bo'lib, ulardan 1 tasi tashqi elektron qobiqda bo'ladi. Xlor (Cl) atomida esa 17 ta elektron bo'lib, ulardan 7 tasi tashqi elektron qobiqda aylanadi (6.1 *a*-rasm).

6.1-rasm

Barcha kimyoviy elementlarning alohida olingan atomi elektrneytraldir. Chunki atom yadrosidagi musbat zaryadli protonlar soni yadro atrofida aylanib yuruvchi manfiy zaryadli elektronlar soniga teng bo'ladi. Shunga ko'ra, Na va Cl atomlari alohida bo'lganda ular elektrneytraldir.

Xlor va natriy atomlari bir-biriga yaqinlashganda elektronlar almashishi yuz beradi. Xlor atomi natriy atomining tashqi elektron qobig'idan 1 ta elektronni tortib oladi. Natijada xlor atomi manfiy zaryadli xlor ioniga (Cl^-), ya'ni $Cl^\circ + e^- \dashrightarrow Cl^-$ ga, natriy atomi esa musbat zaryadli natriy ioniga (Na^+), ya'ni $Na^\circ - e^- \dashrightarrow Na^+$ ga aylanib qoladi (6.1 *b*-rasm). Turli ishoraga ega bo'lgan natriy va xlor ionlari bir-biri bilan (Kulon kuchi ta'sirida) tortishib, NaCl kristall panjarasini hosil qiladi (6.2-rasm). Bunda osh tuzi molekulasi hosil bo'lishi reaksiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl. \qquad (1)$$

6.2-rasm

Ionlar orasida Kulon kuchi tufayli vujudga keladigan kimyoviy bog‘lanish *ionli bog‘lanish* deb ataladi.

Tabiatda ko‘pgina moddalar ionli bog‘lanishga ega. Bularga tuzlar, ishqorlar, kislotalar misol bo‘ladi.

2. Elektrolitlar

Ba’zi suyuqliklar elektr tokini o‘tkazishi, ayrimlari esa o‘tkazmasligi mumkin. Masalan, toza (distillangan) suv elektr tokini o‘tkazmaydi. Tuzlar, ishqorlar va kislotalarning suvdagi eritmasi elektron o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lmasa ham, elektr tokini yaxshi o‘tkazadi. Bunday eritmalar ionli o‘tkazuvchanlikka ega bo‘ladi.

Suyuqliklarning elektr tokini o‘tkazishi yoki o‘tkazmasligini 6.3-rasmda tasvirlangan oddiy jihozlar yordamida aniqlash mumkin. Bular asosan shisha idish va unga tushirilgan ikkita ko‘mir sterjen – elektrodlar, lampochka, kalit, tok manbai va ulash simlaridan iborat.

6.3-rasm

Elektrodli shisha idishga distillangan suv quyilib, kalit ulanganda lampochka yonmaganligiga guvoh bo‘lamiz. Demak, distillangan suv elektr tokini o‘tkazmaydi. Kalitni uzamiz va idishdagi suvga ozgina osh tuzi (NaCl)ni solib, kalit ulanganda lampochka yonganini ko‘ramiz. Demak, tuz solingan suv elektr tokini o‘tkazar ekan. Bunga sabab nima?

Osh tuzi suvga solinganda suv molekulalari osh tuzining kristall panjarasi sirtida joylashgan Na^+ va Cl^- ionlarini o‘rab oladi (6.4 *a*-rasm). Suv molekulalarining manfiy zaryadga ega bo‘lgan tomoni kristall panjaradagi Na^+ ionlarini, suv molekulalarining musbat zaryadga ega bo‘lgan tomoni esa Cl^- ionlarini o‘rab oladi va ularni Kulon kuchi bilan o‘ziga tortadi. Natijada NaCl kristall panjarasi yemirilib, suv ichida Na^+ va Cl^- ionlari hosil bo‘ladi. Ular suv molekulalarining qurshovida bo‘lib, tartibsiz va erkin harakatlanadi.

Elektr manbaining musbat qutbiga ulangan elektrod *anod* deb, manfiy qutbga ulangan elektrod esa *katod* deb ataladi.

Eritmalarda moddaning musbat va manfiy ionlarga ajralish jarayoni *elektrolitik dissotsiatsiya* deyiladi.

Elektrolitik dissotsiatsiya jarayonida ionlar hosil bo‘lganligi sababli bu jarayon ***ionlar generatsiyasi*** deb ham ataladi. Generatsiya jarayonini osh tuzining suvdagi eritmasi misolida quyidagi reaksiya orqali ifodalaymiz:

$$NaCl \rightarrow Na^- + Cl^-. \qquad (2)$$

Yuqorida 6.3-rasmda tasvirlangan zanjirning kaliti ulanganda musbat Na^+ ionlari manfiy zaryadlangan katodga tortiladi, shuning uchun musbat zaryadlangan ionlar ***kationlar*** deb ataladi. Manfiy Cl^- ionlari esa musbat zaryadlangan anodga tortiladi, shu sababli manfiy zaryadlangan ionlar ***anionlar*** deb ataladi (6.4 *b*-rasm). Natijada zanjirdan tok o‘ta boshlaydi.

Elektrolitda ionlar qancha ko‘p bo‘lsa, u elektr tokini shuncha yaxshi o‘tkazadi.

a)

b)

6.4-rasm

Ionlarga dissotsiatsiyalanishi natijasida o‘zidan elektr tokini o‘tkazadigan ishqor, kislota, tuz va boshqa birikmalarning eritmalariga *elektrolitlar* deb ataladi.

Amaliy topshiriq

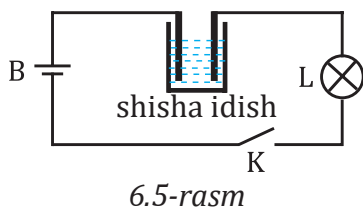
Maqsad: osh tuzining suvdagi eritmasidan elektr tokining o‘tishini o‘rganish.

Kerakli jihozlar: shisha idish, distillangan suv, osh tuzi, ikkita elektrod, kontaktli tagligi bo‘lgan lampochka, 9 V li akkumulyator yoki galvanik element, kalit, ulash simlari.

Amaliy topshiriqni bajarish tartibi

1. Berilgan elektr sxema (6.5-rasmga qarang) asosida elektr zanjirini yig‘ing.
2. Shisha idishga distillangan suv quyib, kalitni ulang. Lampochkaning yonishi yoki yonmasligini kuzating. So‘ng kalitni uzing.
3. Suv quyilgan idishga ozgina osh tuzi soling va kalitni ulang. Lampochkaning yonishini kuzating. So‘ng kalitni uzing.
4. Suv quyilgan idishga yana biroz osh tuzini soling va kalitni ulang. Lampochkaning yonishini kuzating. So‘ng kalitni uzing.
5. (4) band tajribasini yana bir-ikki marta takrorlang.

Tajriba natijasi asosida xulosa qiling.

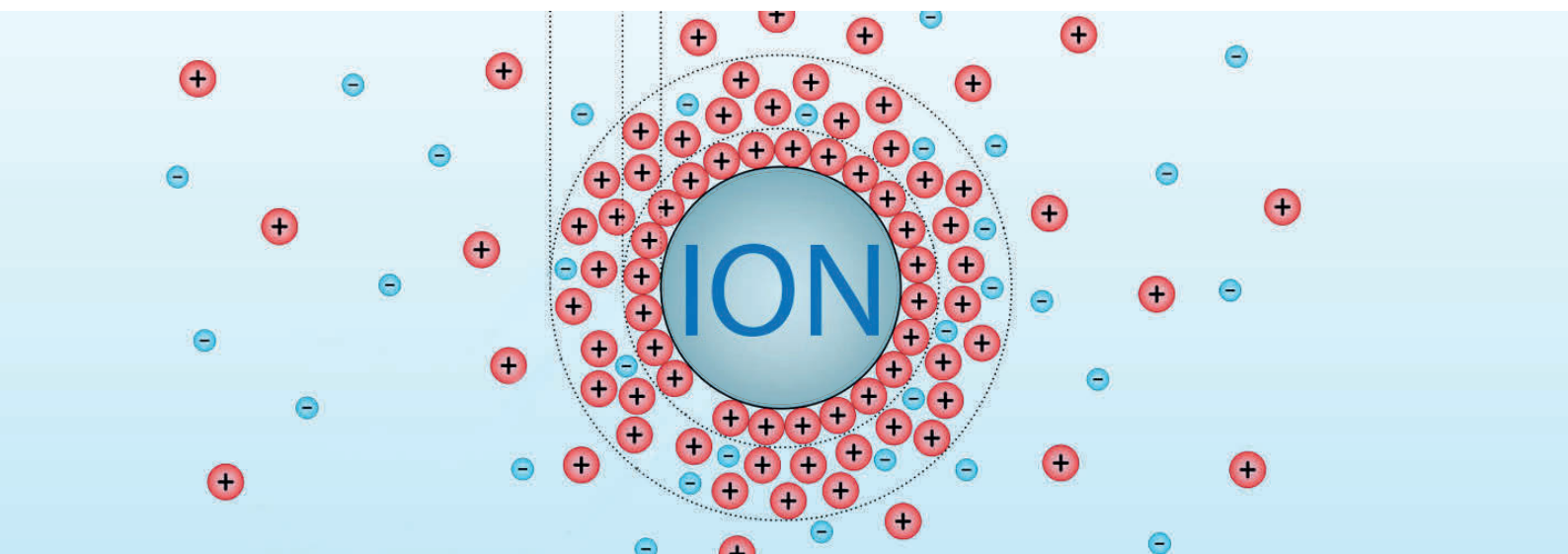
6.5-rasm

1. Ion va neytral atom orasidagi farq nimada?

2. Ionli va elektronli o‘tkazuvchanlikda moddaning ko‘chishi yuz beradimi? Javobingizni izohlang.

3. Ion bog‘lanishga misollar keltiring.

4. Suyuq holatida elektr tokini o‘tkazuvchi barcha moddalar elektrolit bo‘ladimi? Javobingizni izohlang.

FARADEYNING BIRINCHI VA IKKINCHI QONUNI

39-MAVZU

1. Elektroliz hodisasi.
2. Faradeyning birinchi qonuni.
3. Faradeyning ikkinchi qonuni.

Sizningcha, galvanik element va akkumulyator ishlash prinsipida nimasi bilan farq qiladi?

Oldingi mavzuda elektrolitning hosil bo‘lishi va undan tok o‘tishi bilan tanishdik. Endi elektrolit orqali tok o‘tganda qanday hodisalar ro‘y berishi bilan tanishamiz.

Elektrolitdan elektr toki o‘tganda elektrodlarda modda ajralib chiqish hodisasiga *elektroliz* deb ataladi.

1. Elektroliz hodisasi

Shisha idish olib, unga distillangan suv va mis sulfat tuzi ($CuSO_4$) ni solib, elektrolit hosil qilaylik. Mis sulfat tuzi suvda erib, uning molekulalari ionlarga ajralishi (dissotsiatsiyalanishi) natijasida Cu^{2+} va SO_4^{2-} ionlari hosil bo‘ladi. Cu^{2+} ioni o‘zining tashqi elektron qobig‘idagi ikkita elektronini yo‘qotgan va musbat 2 elementar zaryadga ega bo‘lgan mis atomining ionidir. SO_4^{2-} ioni esa 2 ta qo‘shimcha elektron biriktirib olgan va natijada manfiy 2 elementar zaryadga ega bo‘lgan sulfat ionidir. Elektrolitga ikkita elektrod – anod va katod tushirib, 6.6-rasmda ko‘rsatilgandek zanjir tuzamiz. Kalitni ulasak, ampermetr elektrolit orqali tok o‘tayotganligini ko‘rsatadi. Cu^{2+} musbat ionlar katodga tomon, SO_4^{2-} manfiy ionlar esa anodga tomon tartibli harakatga keladi. Cu^{2+} kationlar katodga kelib, undan 2 ta elektron oladi va neytral Cu atomlariga aylanib, katodda o‘tirib qoladi, ya’ni $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ reaksiyasi yuz beradi. Elektrolit orqali tok o‘tishi bilan katodda mis atomlari yig‘ilib boradi. SO_4^{2-} anionlari anodga yetib kelganda SO_4^{2-} ning qurshovida kelgan suv molekulalari o‘zining elektronlarini anodga beradi. Bunda suv molekulalari parchalanadi va anodda kislorod gazi ajralib chiqadi.

6.6-rasm

Elektrolitdan elektr tokini o‘tkazib, aralashma moddalar tarkibidan toza modda (metall yoki gaz) ajratib olish mumkin.

2. Faradeyning birinchi qonuni

Ingliz fizigi M. Faradey o‘tkazgan tajribalar elektroliz jarayonida elektrodda ajralib chiqqan modda massasi elektrod tomon harakat qilayotgan ionlar soniga, ya’ni elektrolit orqali o‘tayotgan zaryad miqdoriga bog‘liq bo‘lishini ko‘rsatgan.

Elektroliz vaqtida elektrodda ajralib chiqqan modda massasi elektrolitdan o‘tgan zaryad miqdoriga to‘g‘ri proporsional:

$$m \sim q$$

Ushbu bog'liqlik Faradeyning birinchi qonuni deyiladi, bu munosabatni quyida keltirilgan tenglik orqali ifodalaymiz:

$$m = k \cdot q \quad (1)$$

bunda m – elektroliz vaqtida ajralib chiqqan moddaning massasi, q – elektrolitdan o'tgan zaryad miqdori, k – proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti deb ataladi.

Moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti elektrolitdan bir kulon zaryad o'tganda elektrodda ajralib chiqqan modda massasiga son jihatidan teng bo'lgan kattalikdir:

6.7-rasm

$$k = m/q \quad (2)$$

XBSda elektrokimyoviy ekvivalent birligi [k] = kg/C qabul qilingan. Turli moddalarning elektrokimyoviy ekvivalenti tajribada aniqlangan, masalan, kumush uchun k = 1,118 mg/C, xlor uchun k = 0,367 mg/C, mis uchun k = 0,329 mg/C, nikel uchun k = 0,304 mg/C, alyuminiy uchun k = 0,094 mg/C.

Elektrolit orqali o'tgan zaryad miqdorini tok kuchi (I) va tokning o'tish vaqti (Δt) orqali ifodalab, ya'ni $q = I \cdot \Delta t$ ekanligini inobatga olib, elektrodda ajralib chiqqan modda massasi uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$m = k \cdot I \cdot \Delta t. \quad (3)$$

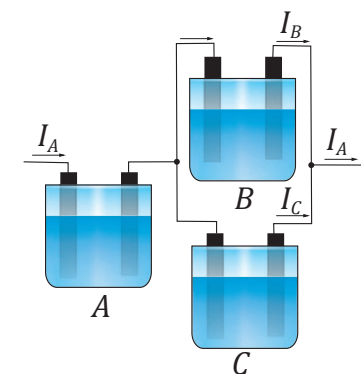
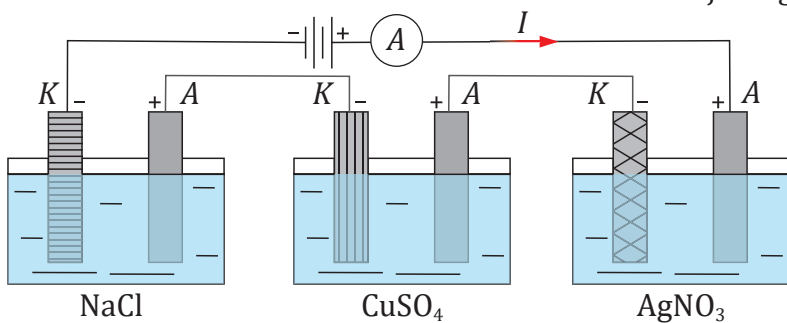
Faradeyning birinchi qonunini quyidagi tajriba asosida tekshirib ko'rish mumkin. Uchta A, B va C vannalarga bir xil elektrolitlar quyilib, ularning elektrodlari bir-biri bilan 6.7-rasmda ko'rsatilgandek ulanadi. Rasmga ko'ra, A elektrolitik vannadan o'tayotgan I_A tok kuchi B va C elektrolitik vannalardan o'tayotgan I_B va I_C tok kuchlarining yig'indisiga teng bo'ladi: $I_A = I_B + I_C$. (3) formulaga ko'ra, A, B va C elektrolitik vannalarda elektroliz vaqtida ajralib chiqqan moddalarning massalari $m_A = k \cdot I_A \cdot \Delta t$, $m_B = k \cdot I_B \cdot \Delta t$ va $m_c = k \cdot I_c \cdot \Delta t$ uchun $m_A = m_B + m_C$ munosabat o'rinli bo'ladi. Bu tajribada tasdiqlangan.

3. Faradeyning ikkinchi qonuni

Faradey qator tajribalarda har xil elektrolitlardan turli miqdorda zaryad o'tkazgan. U elektrodlarda ajralib chiqqan moddaning massasini o'lchash natijalariga asoslangan holda 1833–1834-yillarda elektrolizning ikkinchi qonunini kashf etgan.

6.8-rasm

Valentlik (***Z***) – element atomlarining kimyoviy bog'lanishlar hosil qilish qobiliyatini ko'rsatuvchi xarakteristikasi.

Modda miqdori (*ν*) – berilgan moddadagi bir xil turdagi zarralar (atom yoki molekulalar) soning 0,012 kg ugleroddagi atomlar soniga nisbatini ifodalovchi kattalikdir.

Molyar massa (***M***) – miqdori 1 mol bo‘lgan moddaning massasidir.

Tajriba qurilmasiga e’tibor qaratsak. Uchta elektrolitik vanna olib, ularning birinchisiga natriy xlorid (NaCl), ikkinchisiga mis sulfat ($CuSO_4$), uchinchisiga kumush nitrat ($AgNO_3$) tuzlarining eritmalarini quyamiz. Elektrolitlarga botirilgan elektrodlarni o‘tkazgich simlar bilan 6.8-rasmda ko‘rsatilgandek ketma-ket tutashtirib, tok manbaiga ulaymiz. Bunda birinchi vannaning katodida natriy (Na) va anodida xlor (Cl_2), ikkinchi vannaning katodida mis (Cu) va anodida kislorod (O_2), uchinchi vannaning katodida kumush (Ag) va anodida kislorod (O_2) ajralib chiqadi.

Vannalar ketma-ket ulangani uchun har bir elektrolitdan o‘tayotgan tok kuchi I bir xil bo‘ladi. Demak, Δt vaqt ichida elektrolitlar orqali o‘tgan zaryad miqdorlari $q = I \cdot \Delta t$ ham bir xil bo‘ladi. Lekin katodlarda ajralib chiqqan natriy, mis va kumush moddalarining massalari har xil bo‘ladi. Bunga Na, Cu va Ag larning molyar massalari va ularning valentligi turlicha bo‘lganligi sababdir.

Bu tajriba elektroliz vaqtida har bir vannadagi katodda ajralgan moddalarning massalari $\frac{M\,(\text{molyar massa})}{Z\,(\text{valentlik})}$ ga to‘g‘ri proporsional ekanligini tasdiqlaydi.

Elektroliz vaqtida ajralib chiqqan moddaning massasi moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti hamda elektroliz vaqtida o‘tgan zaryad miqdoriga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi.

Modda molyar massasining valentligiga nisbati $\left(\frac{M}{Z}\right)$ *moddaning kimyoviy ekvivalenti* deyiladi.

Bir valentli moddaning kimyoviy ekvivalenti son jihatidan uning molyar massasiga teng. Faradeyning ikkinchi qonuni moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti bilan uning kimyoviy ekvivalenti orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi. Bu qonunni u tajribalar asosida aniqlagan. Faradeyning ikkinchi qonuni quyidagicha ta’riflanadi:

Moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti uning kimyoviy ekvivalentiga to‘g‘ri proporsional:

$$k \sim \frac{M}{Z} \quad \text{yoki} \quad k = \frac{1}{F}\frac{M}{Z} \qquad (4)$$

Bu yerda $1/F$ nisbat proporsionallik koeffitsiyenti bo‘lib, u barcha moddalar uchun o‘zgarmas kattalikdir. Bu ifodadagi F kattalik *Faradey doimiysi* deyiladi va uning son qiymati $F \approx 96500$ C/mol ga teng.

Faradeyning I va II qonunlarini umumlashtirish uchun $m = k\,q$ formuladagi k ning o‘rniga uning (4) tenglikdagi ifodasini qo‘ysak, quyidagi tenglik hosil bo‘ladi:

$$m = \frac{1}{F}\frac{M}{Z} \cdot q \qquad (5)$$

(5) ifodaga ko‘ra elektroliz vaqtida valentligi 1 ga teng bo‘lgan 1 mol modda ajralishi uchun elektrolit orqali o‘tadigan zaryad miqdori son jihatidan Faradey doimiysiga (96500 kulonga) teng bo‘lishi kerak. Elektrolitda valentligi Z ga teng bo‘lgan bir mol modda ajralib chiqishi uchun esa elektrolit orqali Z·96500 kulon zaryad o‘tishi kerak ekan.

Elektroliz hodisasida ajralib chiqadigan modda massasi oqib o‘tadigan zaryad miqdoriga, modda atomlarining molyar massasi va valentligiga bog‘liq bo‘lar ekan.

Masala yechish namunasi

Sulfat kislota eritmasidan 0,1 A tok o‘tkazib, 1 g vodorod olish uchun qancha vaqt kerak? Vodorodning (atom holidagi) molyar massasi 1 g/mol, valentligi 1 ga teng.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
m = 1 g = $1\cdot10^{-3}$ kg M = 1 g/mol = $1\cdot10^{-3}$ kg/mol I = 0,1 A Z = 1 $F \approx$ 96500 C/mol t = ?	$m = k\cdot q;\ q = I\cdot t$ $k = \frac{1}{F}\cdot\frac{M}{Z}$ $t = \frac{F}{M}\cdot\frac{Z\cdot m}{I}$	$t = \frac{96500\ \mathrm{C/mol}}{1\cdot10^{-3}\ \mathrm{kg/mol}}\cdot\frac{1\cdot1\cdot10^{-3}\ \mathrm{kg}}{0{,}1\ \mathrm{A}} =$ $= 9{,}65\cdot10^{5}\ \mathrm{s} \approx 268$ soat **Javob:** $t \approx 268$ soat.

31-mashq

1. Elektrolitik vannadagi tuzli eritmadan o‘tayotgan tok kuchi 4 marta ortganda katodda vaqt birligida ajraladigan modda massasi qanday o‘zgaradi?

2. Agar elektroliz vaqtida $CuSO_4$ eritmasidan 100 C elektr zaryadi o‘tgan bo‘lsa, katodda qancha mis ajraladi?

3. Metall buyumlarga rux yuritish uchun elektrolitik vannaga massasi 0,01 kg bo‘lgan rux elektrod qo‘yilgan. Elektrod butunlay sarf bo‘lishi uchun vanna orqali qancha zaryad o‘tishi kerak? Ruxning elektrokimyoviy ekvivalenti $3{,}4\cdot10^{-7}$ kg/C.

4. Elektrolitdan o‘tayotgan tokning zichligi $4\cdot10^{4}$ A/m^2. Elektrolitda 100 s davomida ajralib chiqqan xromning qalinligini hisoblab toping. Xromning zichligi $7{,}2\cdot10^{3}$ kg/m^3, elektrokimyoviy ekvivalenti $1{,}8\cdot10^{-7}$ kg/C ga teng.

5. Quvvati 30 kW va kuchlanishi 30 V bo‘lgan qurilmaning butun energiyasi elektroliz uchun ishlatilsa, elektrokimyoviy ekvivalenti $3\cdot10^{-7}$ kg/C bo‘lgan moddadan 10 minutda qancha ajraladi?

1. Moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti qanday fizik ma’noga ega?

2. Mis sulfat tuzi eritmasidan elektr toki o‘tganda nima sababdan SO_4^{2-} ionlari anodda ro‘y beradigan reaksiyada ishtirok etmaydi?

3. Elektroliz vaqtida ajralib chiqqan moddaning massasi shu moddaning molyar massasiga to‘g‘ri proporsional ekanligi tajribada qanday asoslanadi?

4. Elektroliz vaqtida ajralib chiqqan modda massasi shu moddaning valentligiga bog‘liqligini tajribada qanday tekshirish mumkin?

Masala yechish namunalari

1. Sirt yuzi 25 cm^2 bo‘lgan temir qoshiqni qalinligi 0,08 mm bo‘lgan kumush bilan qoplash uchun kumush tuzi eritmasi orqali qancha zaryad o‘tishi kerak? Kumush zichligi $10{,}5\cdot10^3$ kg/m^3 ga teng.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$S = 25\ cm^2 = 2{,}5\cdot10^{-3}\ m^2$ $d = 0{,}08\ mm = 8\cdot10^{-5}\ m$ $k = 1{,}118\cdot10^{-6}$ kg/C $\rho = 10{,}5\cdot10^3\ kg/m^3$	$m=\rho\cdot V=\rho\cdot S\cdot d$; $m = k\cdot q$; $q=\frac{\rho\cdot S\cdot d}{k}$	$q=\frac{10{,}5\cdot10^3\ \frac{kg}{m^3}\cdot2{,}5\cdot10^{-3}\ m^2\cdot8\cdot10^{-5}\ m}{1{,}118\cdot10^{-6}\ kg/C}\approx1878\ C$ **Javob:** q = 1878 C.
q = ?		

2. 42 V kuchlanishga mo‘ljallangan, foydali quvvati 10 kW bo‘lgan elektroliz qurilmasida 2 soatda qancha mis moddasi yig‘iladi?

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$U = 42$ V $P = 10\ kW = 10^4$ W $t = 2\ h = 7{,}2\cdot10^3$ s $k = 0{,}329\cdot10^{-6}$ kg/C	$A = qU;\ A = Pt;$ $q=\frac{Pt}{U};\ m=kq=k\frac{Pt}{U};$	$m=0{,}329\cdot10^{-6}\ kg/C\cdot\frac{10^4\ W\cdot7{,}2\cdot10^3\ s}{42\ V}=0{,}564\ kg$ **Javob:** m = 0,564 kg.
m = ?		

32-mashq

1. 2 soat davom etgan elektrolizda katodda 20 mg nikel yig‘ilgan bo‘lsa, elektroliz vaqtida elektrolitdan o‘tgan tok kuchi qanday bo‘lgan?

2. 12 V kuchlanishga mo‘ljallangan 6 kW quvvatli elektroliz qurilmasida 2 soat davomida qancha kumush moddasi yig‘iladi?

3. Buyumni nikellashda 3 soat davomida elektrolitdan 5 A tok o‘tib turganida nikel qatlamining qalinligi 0,1 mm bo‘lgan. Nikel qoplangan yuza qancha bo‘lgan? Nikel zichligi 8900 kg/m^3 ga teng.

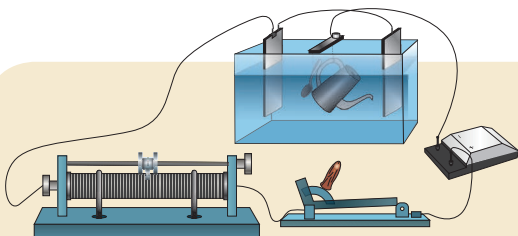
4. Qoshiqni ikki valentli nikel bilan qoplash uchun 20 minut davomida elektrolit orqali 15 A tok o‘tkazib turildi. Qoshiqqa o‘tirib qolgan nikel qatlamining massasini toping.

5. Elektrolit sifatida $CuSO_4$ eritmasidan foydalanilgan. Misning elektrokimyoviy ekvivalentini aniqlang.

6. Mis kuporosining suvdagi eritmasidan iborat bo‘lgan elektrolitdan 12,5 C zaryad o‘tdi. Elektrolitga botirilgan katodda qancha miqdorda mis yig‘ilgan?

41-MAVZU

ELEKTROLIZDAN TURMUSHDA VA TEXNIKADA FOYDALANISH

1. Mis ajratib olish.
2. Galvanostegiya.
3. Galvanoplastika.

Murakkab shakldagi buyumlarning sirti qanday yo'l bilan nikel, kumush, oltin kabi metallarning yupqa qatlami bilan qoplanadi?

1. Mis ajratib olish

Elekrotexnikada sof mis ko'p ishlatiladi. Misning yuqori elektr o'tkazuvchanlikka ega ekanligi muhim ahamiyatga ega. Lekin mis tarkibiga ozgina miqdorda bo'lsa-da, boshqa moddalarning kiritilishi uning elektr o'tkazuvchanligi pasayishiga olib keladi. Sof mis turli aralashmalardan quyidagi usul bilan ajratib olinadi.

6.9-rasm

Katta hajmli elektrolitik vanna mis kuporosining eritmasi bilan to'ldiriladi. Uning ichiga sof misdan tayyorlangan yupqa plastinkalar parallel holatda tushiriladi (6.9-rasm). Elektr manbaining manfiy qutbiga ulanadigan bunday sof mis plastinkalari katod vazifasini o'taydi. Katodlar orasiga parallel ravishda qalin anod plastinkalar tushiriladi. Anod vazifasini bajaradigan plastinkalar tozalanmagan misdan tayyorlanadi. Vaqt o'tishi bilan katod plastinkalar qalinlasha boradi, anod plastinkalar esa yupqalashadi. Vannadan chiqarib olingan qalin plastinka sof misdan iborat bo'ladi.

Misdan tashqari alyuminiy, magniy, natriy, kaliy, kalsiy kabi metallar ham elektroliz usulida olinadi. Ulardan eng ko'p ishlatiladigani alyuminiydir. Agar alyuminiy laboratoriya usuli bilan olinsa, u oltin kabi juda qimmatga tushar edi.

2. Galvanostegiya

Temirdan yasalgan buyumlarning sirti oksidlanishi natijasida ular tez zanglaydi. Zang esa sekin-asta metallni yemiradi va undan tayyorlangan buyumlar teshilib qolishiga sabab bo'ladi. Odatda oson oksidlanadigan metallardan tayyorlangan buyumlarning sirti qiyin oksidlanadigan boshqa metallar, jumladan, nikel, rux, kumush, oltin kabilarning yupqa qatlami bilan qoplanadi. Nikellangan qoshiq, pichoq, choynak kabi turli idish-tovoqlardan turmushda ko'p foydalanamiz.

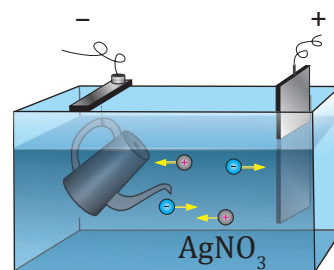
Elektrolizdan foydalanib buyumlarning sirtini qiyin oksidlanadigan metallar bilan qoplash *galvanostegiya* deb ataladi.

6.10-rasmda koʻrsatilgan elektrolitik vanna orqali ma’lum vaqt davomida tok oʻtkazib turilsa, buyumlar sirti kumush qatlami bilan qoplanadi. Buyum sirtiga kumush yugurtirish uchun elektrolit sifatida kumush tuzlari eritmasi, anod sifatida kumush plastinka olinadi. Oltin yugurtirishda esa elektrolit uchun oltin tuzlari eritmasi, anod uchun oltin plastinka ishlatiladi.

6.10-rasm

3. Galvanoplastika

Elektroliz yordamida murakkab shakldagi sirtlarning va buyumlarning aniq nusxalarini olish mumkin. Masalan, taxtaga oʻyib ishlangan naqshning nusxasini olish kerak boʻlsin. Buning uchun taxtaning naqsh solingan qismiga juda yupqa qilib grafit surtiladi, natijada uning bu qismi tok oʻtkazadigan boʻlib qoladi. Tayyorlangan taxta mis kuporosi eritmasiga tushiriladi. Taxta sirtidagi grafit oʻtkazgich sim orqali tok manbaining manfiy qutbiga ulanadi, ya’ni grafit qatlami katod vazifasini bajaradi. Anod sifatida esa elektrolitga tushirilgan mis plastinkasidan foydalaniladi. Grafit usti yetarli qalinlikdagi mis qatlami bilan qoplanganidan soʻng elektroliz jarayoni toʻxtatiladi va mis qatlam taxtadan ajratib olinadi. Bunda mis qatlamining shakli taxta sirtidagi naqshning negativ (teskari) tasviridan iborat boʻladi. Taxtadagi chuqur joylar mis negativda qavariq boʻlib, qavariq joylar esa negativda botiq boʻlib chiqadi. Negativ tasvir naqshning haqiqiy tasvirini hosil qilish uchun qolip vazifasini oʻtaydi.

Bunday tarzda olingan negativ tasvir *matritsa* deb ataladi. (*Matritsa* lotincha soʻz boʻlib, “ona” degan ma’noni anglatadi). Matritsa bosmaxonalarda harflarning nusxasini quyish, medal, tanga, shtamp kabilarni tayyorlash uchun ishlatiladigan qolipdir.

Shakl hosil qilish uchun buyumlar sirtiga elektrolitik usulda metall yugurtirish *galvanoplastika* deb ataladi.

1. Elektroliz yordamida ajratib olinadigan toza mis tarkibida boshqa moddalarning atomlari boʻlishi mumkinmi? Javobingizni asoslab bering.

2. Nima sababdan idish-buyumlarning sirti qiyin oksidlanadigan metallar bilan qoplanadi?

3. Galvanostegiyada elektrolit sifatida kislota yoki ishqorlarning suvdagi eritmasidan foydalansa boʻladimi?

4. Galvanoplastika uchun qanday metallardan foydalanish maqsadga muvofiq?

42-MAVZU

GAZLARDA ELEKTR TOKI

1. Gazlarda elektr razryadi.
2. Gazlarning ionlanishi.
3. Gaz razryadlarining turlari.

Yashin va chaqmoqning farqi nimada?

Nima sababdan chaqmoq odatda ko'p qavatli binolarning yuqori qismiga tushadi?

Gaz orqali elektr tokining o'tish jarayoni gaz razryadi deb ataladi.

Gazlarda elektr tokining o'tish jarayoni metallar va elektrolitlardagi tok o'tish jarayonlaridan qanday farq qiladi? Gazlarda tok tashuvchi zarralar nimalardan iborat? Gazlardan tok o'tishi hodisasidan kundalik turmushda qanday foydalanish mumkin? Ushbu mavzuda shu kabi savollarga javob topamiz.

1. Gazlarda elektr razryadi

Yassi havo kondensatorini olib, uning qoplamalarini elektrometrga ulaylik va kondensatorni zaryadlaylik (6.11 *a*-rasm). Bunda elektrometr strelkasining ko'rsatishi vaqt o'tishi bilan deyarli o'zgarmaydi, ya'ni kondensator qoplamalaridagi zaryad kamaymaydi. Bu esa kondensator qoplamalari orasidagi havo orqali elektr zaryadi o'tmayotganligini ko'rsatadi. Demak, quruq havoni xona temperaturasida dielektrik deb hisoblash mumkin.

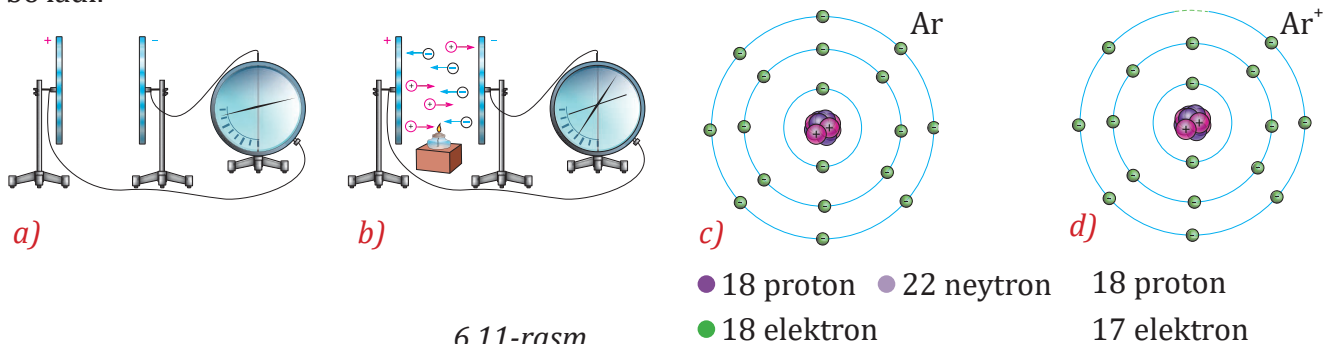
Oddiy sharoitda gaz elektr tokini o'tkazmaydi, ya'ni dielektrik hisoblanadi. Qizdirish, kuchli nurlanish, elektr maydoni ta'sirida gaz elektr tokini o'tkazuvchi muhitga aylanadi.

Sham yoqib, kondensator qoplamalari orasidagi havoni qizdiraylik. Shu zahoti elektrometr strelkasining ko'rsatishi kamaya boshlaydi, ya'ni kondensator qoplamalari zaryadsizlanadi (6.11 *b*-rasm). Bunga sabab kondensator qoplamalari orasidagi havodan elektr zaryadining oqib o'tishidir. Demak, qizdirilgan havodan tok o'tadi. Qizdirilgan havo o'tkazgich bo'lib qoladi.

2. Gazlarning ionlanishi

Atmosfera har xil turdagi gazlarning aralashmasidan iborat bo'lib, atmosferaning quyi qatlamidagi havoning tarkibida hajm bo'yicha azot (N_2) ~ 78,08%, kislorod (O_2) ~ 20,94%, argon (Ar) ~ 0,93% va boshqa gazlar, jumladan, is gazi (CO_2), neon (Ne), geliy (He), kripton (Kr), vodorod (H_2), suv bug'i (H_2O) kabi gazlar mavjud. Xona temperaturasida havodagi barcha atom va molekulalar neytral holatda bo'ladi. Havo qizdirilganda neytral atom va molekulalar ionlashadi. Bu jarayon qanday kechishini argon inert gaz misolida ko'rib chiqaylik. Argon atomining yadrosi atrofida 18 ta elektron aylanib yuradi. Argon atomlarning tashqi elektron qobig'ida 8 tadan elektron bo'lib, ular tugallangan (to'yingan) qobiq hisoblanadi (6.11 *c*-rasm). Argon atomi yadrosi va elektron qobig'ida mos ravishda +18*e* va

$-18e$ zaryad mavjud. Alohida olingan Ar atomlari elektr jihatidan neytraldir. Qizdirilganda Ar atomining tashqi elektron qobig'ida bo'lgan elektronlarning energiyasi ortadi va ulardan biri atomni tark etadi: $Ar^{\circ} \rightarrow Ar^{+} + e^{-}$. Bitta elektronini yo'qotgan Ar atomi esa musbat Ar^{+} ioniga aylanadi (6.11 *d*-rasm). Ba'zi neytral atomlar erkin elektronni biriktirib manfiy ionga aylanadi: $Ar^{\circ} + e^{-} \rightarrow Ar^{-}$. Shu tariqa gazda musbat va manfiy ionlar va erkin harakatlanuvchi elektronlar paydo bo'ladi.

6.11-rasm

6.11 *b*-rasmda keltirilgan kondensator qoplamalari orasidagi havo qizdirilganda xuddi Ar^{+} ionlari kabi hosil bo'lgan musbat ionlar elektr maydoni ta'sirida kondensatorning manfiy zaryadlangan qoplamasi tomon, manfiy ionlar va atomlaridan ajralib chiqqan erkin elektronlar esa kondensatorning musbat zaryadlangan qoplamasi tomon harakatlanadi. Natijada havodan tok o'tadi. Demak, gazlarda elektr tokini hosil qilish uchun uning atom yoki molekulalarini ionlashtirish va hosil bo'lgan ionlar va erkin elektronlarni tartibli harakatga keltirish uchun gazga tashqi elektr maydonini qo'yish kerak bo'ladi.

Elektron va musbat zaryadli ionlarning qo'shilishi natijasida neytral atomlarning hosil bo'lishi jarayoni *gazlarda zaryadlarning rekombinatsiyasi* deb ataladi.

Gazlarning elektr o'tkazuvchanligida, bir tomondan, ionlar ishtirok etishi elektrolitlarning elektr o'tkazuvchanligiga, ikkinchi tomondan, elektronlarning ishtirok etishi metallarning elektr o'tkazuvchanligiga o'xshaydi.

Gazlarning elektr o'tkazuvchanligi musbat va manfiy ionlar hamda erkin elektronlarning tartibli harakatidan iborat.

Gazdagi erkin elektron va musbat ionlarning birlashishi natijasida yana neytral atomlar hosil bo'lishi ham mumkin.

Gazni ionlashtiruvchi tashqi ta'sir to'xtatilgan vaqtda zaryadli zarralarning rekombinatsiyasi tufayli gazdagi ionlar neytral zarralarga aylanadi va gaz yana dielektrik bo'lib qoladi. Gaz atomlarini nafaqat qizdirish yo'li bilan, balki unga nur ta'sir etib yoki kuchli elektr maydoni ta'sir etib ham ionlash mumkin. Elektr maydonisiz gazning atom yoki molekulalarini ionlashtiruvchi tashqi manba *tashqi ionizator* deb ataladi.

Qizdirish, kuchli nurlanish, elektr maydoni ta'sirida gazda musbat va manfiy ionlar hamda erkin elektronlar hosil bo'ladi. Bular gazlarda elektr zaryadini tashuvchi zarrachalar hisoblanadi.

3. Gaz razryadlarining turlari

Gaz razryadi tabiatiga ko'ra nomustaqil va mustaqil razryadlarga ajratiladi.

Nomustaqil razryad elektr maydon kuchlanganligi yuqori bo'lmagan, mustaqil razryad esa kuchlanganligi yuqori bo'lgan elektr maydonlarida yuzaga keladi.

Gaz razryadi yuzaga kelish sharoitiga ko'ra mustaqil razryad bir necha shaklda namoyon bo'ladi: miltillama razryad, uchqun razryad, toj razryad, yoy razryad.

Miltillama razryad. Yopiq shisha nay olib, uning ichiga ikkita elektrod – anod va katod o'rnatamiz. Elektrodlarga bir necha yuz volt kuchlanish beramiz. Nay ichidagi havoning bosimi atmosfera bosimi ($\sim 10^5$ Pa)ga teng bo'lganda gaz orqali elektr toki o'tmaydi. Nasos yordamida nay ichidagi havoni asta-sekin so'rib olib, gaz bosimini 10 marta kamaytirganimizda ($\sim 10^4$ Pa) gaz razryadi sezila boshlaydi, gazdan tok o'ta boshlaydi. Gaz bosimi 20 marta kamayganda ($\sim 5 \cdot 10^3$ Pa) katod va anod oralig'ida shu'lalanuvchi shnur paydo bo'ladi. Bosim 250–350 marta kamayganda ($\sim$ 300–400 Pa) elektrodlar oralig'idagi nayning butun hajmini miltillagan yorug'lik qoplaydi. Shuning uchun bunday razryad *miltillama razryad* deb ataladi. Miltillama razryadda gaz orqali o'tayotgan tok zichligi 1–5 mA/cm^2 atrofida bo'ladi. Har xil gazlar har xil rangda shu'lalanuvchi miltillama razryadni hosil qiladi (6.12 *a*-rasm). Miltillama razryaddan tungi reklama chiroqlarida foydalaniladi (6.12 *b*-rasm).

Faqat tashqi ionizator ta'sirida mavjud bo'lib, tashqi ionizator ta'siri to'xtatilganda so'nadigan gaz razryadi *nomustaqil razryad*, tashqi ionizator ta'siri bo'lmaganda ham mavjud bo'ladigan gaz razryadi *mustaqil razryad* deyiladi.

a)

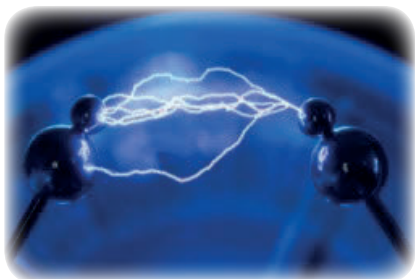
b)

6.12-rasm

Uchqun razryad. Havoda bir-biridan ajratilgan ikkita elektrod olib, ularni yuqori kuchlanish manbaiga ulaylik. Kuchlanishni oshirib borsak, uning ma'lum bir qiymatida elektrodlar orasida chaqnash paydo bo'ladi (6.13-rasm). Bunday chaqnash *uchqun razryad* deb ataladi. Uchqun razryad vaqtida chirsillagan tovush eshitiladi va ravshan yorug'lik chiqadi.

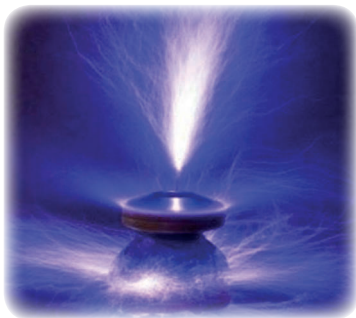
Odatdagi sharoitda havoda elektrodlar oralig'ida elektr maydon kuchlanganligi 30 000 V/cm ga yetganda uchqun razryad hosil bo'ladi.

Uchqun razryad tabiatda bulutlar orasida (6.14-rasm) yoki bulut bilan yer sirti orasida (6.15-rasm) chaqmoq tarzida yuz beradi. Bulutlar orasidagi kuchlanish 100 000 000 V dan oshishi mumkin. Chaqmoq paytida bunday bulutlar orasida havo orqali o'tgan tok kuchi 10 000 A ga boradi. Uchqun razryadning davomiyligi 1÷20 ms oralig'ida bo'ladi.

Toj razryad. Elektr maydon kuchlanganligi keskin o'zgaruvchi o'tkir uchli elektrodlar atrofida toj razryadi hosil bo'ladi (6.16-rasm). Toj razryadini momaqaldiroqli yoki bo'ronli kunda tabiiy holda baland binolarning tepa qismida o'rnatilgan o'tkir uchli metall jismlar

6.13-rasm

6.14-rasm

6.15-rasm

atrofida (6.17-rasm), dengizda suzayotgan kema machtasining oʻtkir uchli qismlari atrofida (6.18-rasm), parvoz qilayotgan samolyotning oʻtkir uchli qismlari atrofida (6.19-rasm) kuzatish mumkin. Toj razryadini faqatgina oʻtkir uchli elektrodlar atrofida emas, balki yuqori kuchlanishli elektr liniyalarida oʻrnatilgan oʻtkazgich simlari atrofida ham kuzatish mumkin.

6.16-rasm

6.17-rasm

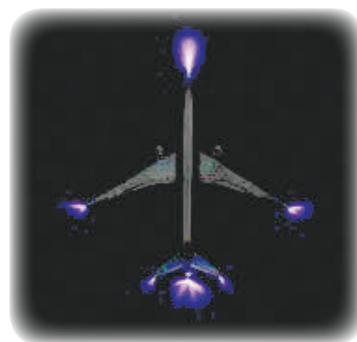
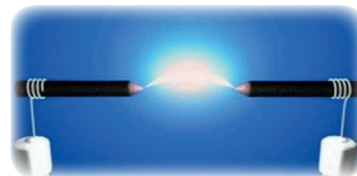
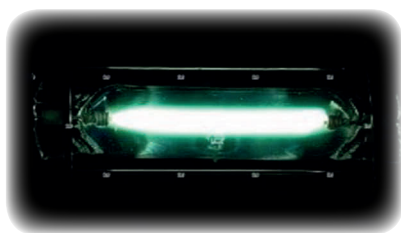
6.18-rasm

Toj razryadi yuzaga kelishining asosiy sharti: elektrodning oʻtkir uchi atrofida hosil boʻlgan elektr maydon kuchlanganligi elektrodlar atrofidagi muhitning boshqa qismiga nisbatan ancha katta qiymatga ega boʻlishi kerak. Havo uchun normal sharoitda elektr kuchlanganligining 30 000 V/cm qiymatidan boshlab elektrodning oʻtkir uchi atrofida toj shaklidagi porlash hosil boʻla boshlaydi. Bunday razryadda ionlanish jarayoni faqat toj elektrodi yaqinida sodir boʻlishi bilan xarakterlanadi, ikkinchi elektrodda esa toj razryadi hosil boʻlmaydi.

6.19-rasm

Yoy razryad. Ikkita koʻmir elektrod olib, ularga 40–50 V kuchlanish beraylik. Ularning uchlarini bir-biriga tekkizib, soʻng biroz uzoqlashtiraylik. Bunda elektrodlar uchlari orasida koʻzni qamashtiradigan porlash – elektr yoy razryadi hosil boʻladi (6.20-rasm).

6.20-rasm

Elektr yoy razryadi juda quvvatli yorugʻlik manbaidir. Bunday elektr yoylaridan projektorlarda, mayoqlarda, proyeksion apparatlarda (6.21-rasm) va boshqa qurilmalarda foydalaniladi. Yoy razryadining temperaturasi juda yuqori boʻlganligi uchun metallarni eritish va payvandlashda (6.22-rasm) foydalaniladi. Yuqori navli poʻlat olishda kuchli elektr yoyi qoʻllanadi.

Gaz orqali elektr tokining oʻtishi *gaz razryadi* deyiladi. Hosil boʻlish sharoitiga qarab gaz razryadi ikki turga boʻlinadi: mustaqil va nomustaqil gaz razryadlari. Mustaqil gaz razryadlari bir necha shaklda namoyon boʻladi: miltillama razryad, uchqun razryad, toj razryad, yoy razryad.

6.21-rasm

6.22-rasm

Masala yechish namunasi

Yassi kondensator 6 kV kuchlanishli manbaga ulangan. Agar maydon kuchlanganligi 3 MV/m bo‘lganda havoning zarbi natijasida ionlashuvi boshlansa, plastinkalar orasidagi masofa qanday bo‘lganda havoning teshilishi yuz beradi?

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$U = 6\ \text{kV} = 6\cdot10^3\ \text{V}$ $E = 3\ \text{MV/m} = 3\cdot10^6\ \text{V/m}$	$E = \frac{U}{d}$	$d = \frac{6\cdot10^3\ \text{V}}{3\cdot10^6\ \text{V/m}} = 2\cdot10^{-3}\ \text{m} = 2\,\text{mm}$
$d = ?$	$d = \frac{U}{E}$	**Javob:** d = 2 mm.

33-mashq

1. Elektrodlarga ega bo‘lgan shisha kolba siyraklashgan argon gazi bilan to‘ldirilgan. Argon atomini ionlashtirish uchun unga zarb bilan uriladigan elektron energiyasi $\approx 2{,}5\cdot10^{-18}$ J bo‘lishi kerak. Elektrodlarga berilgan kuchlanish ta’sirida harakatlanayotgan elektron Ar atomini ionlashtirishi uchun qanday potensiallar farqini o‘tishi kerak?

2. Yashinning davomiyligi 1 ms bo‘lib, bir chaqnash davomida ko‘chgan zaryad miqdori 20 C va kuchlanishi 2 GV ga teng bo‘lgan. Yashinning bir chaqnashdagi tok kuchi va quvvati qancha bo‘ladi? Yashin 5 ta chaqnashdan iborat bo‘lsa, qancha energiya ajraladi?

3. Bulutli kunda qisqa muddatli chaqmoq bo‘lganda havodagi gaz razryadining tok kuchi $5\cdot10^3$ A ga yetdi. Bunda ko‘chgan zaryad miqdori 6 C bo‘lgan bo‘lsa, chaqmoqning davomiyligini toping.

4. Vakuumda joylashgan katod va anod elektrodlariga berilgan kuchlanish ta’sirida anodga har sekundda $4\cdot10^{16}$ ta elektron yetib borsa, anod toki necha amperga teng bo‘ladi?

1. Gazlarda elektr tokining yuzaga kelish tabiatini tushuntiring.

2. Gaz atomi yoki molekulalarini qanday yo‘llar bilan ionlashtirish mumkin?

3. Gaz razryadidan turmushda va texnikada qanday maqsadlarda foydalaniladi?

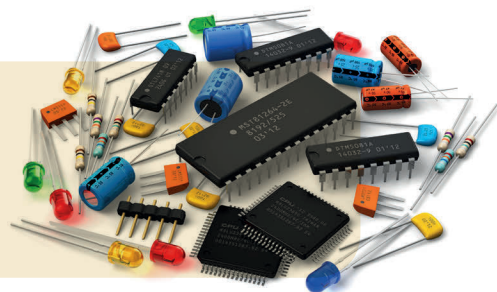
4. Nomustaqil va mustaqil razryadlarning tabiatini tushuntiring.

5. Gaz razryadi Om qonuniga bo‘ysunadimi? Fikringizni asoslab bering.

YARIMO‘TKAZGICHLAR VA ULARNING METALLARDAN FARQI

43-MAVZU

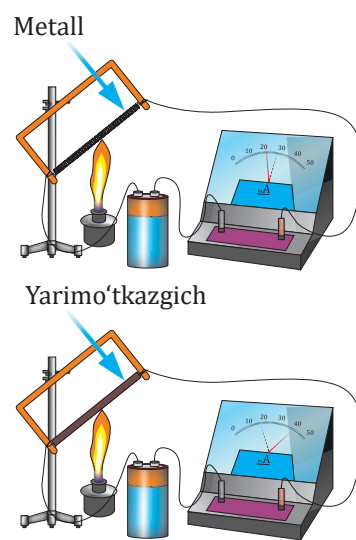
1. Yarimo‘tkazgichlarning metallardan farqi.
2. Yarimo‘tkazgichli moddalar.

1. Temperatura ko‘tarilganda metallarning qarshiligi nima sababga ko‘ra ortadi?
2. Yarimo‘tkazgichlarning temperaturasi ko‘tarilganda qarshiligi kamayishiga nima sabab deb o‘ylaysiz?

Yarimo‘tkazgich moddalarining elektr o‘tkazuvchanlik tabiatini bilish uchun ular qanday moddalar ekani, qanday tuzilishga egaligi, tok tashuvchi zarralari nimalardan iboratligi, elektr o‘tkazuvchanligi nimalarga bog‘liq ekanini bilishimiz zarur.

1. Yarimo‘tkazgichlarning metallardan farqi

Tabiatda shunday moddalar bor: ularda odatdagi sharoitda zaryad tashuvchi erkin elektronlar konsentratsiyasi, ya’ni hajm birligidagi erkin elektronlar soni o‘tkazgichlarga nisbatan juda kichik, lekin dielektriklar (izolyatorlar)ga nisbatan juda katta qiymatga ega bo‘ladi. Shu sababli ularning elektr o‘tkazuvchanligi o‘tkazgichlarnikidan ancha kichik, lekin dielektriklarnikidan ancha katta bo‘ladi. Bunday moddalar *yarimo‘tkazgichlar* deb ataladi. Elektr o‘tkazish tabiati va xususiyatlari bo‘yicha yarimo‘tkazgich moddalari metallardan farq qiladi. Tashqi ta’sirlar, masalan, qizdirish, yorug‘lik ta’sir etishi yoki tarkibiga boshqa kimyoviy element atomlarini kiritish orqali yarimo‘tkazgichlarning elektr o‘tkazuvchanligini keskin o‘zgartirish mumkin. Metallarning elektr o‘tkazuvchanligi esa bunday ta’sirlarga sezgirligi juda past. Yarimo‘tkazgichlarning tashqi ta’sirlarga sezgirligi yuqoriligidan foydalanib ulardan har xil elektron asboblar, jumladan, diodlar, tranzistorlar, mikrosxemalar, boshqaruv elementlari, termorezistorlar, fotoelementlar, fotodatchiklar, fotorezistorlar, yorug‘lik diodlari va shunga o‘xshash asboblar ishlab chiqarilmoqda.

6.23-rasm

Metallar va yarimo‘tkazgichlar elektr o‘tkazuvchanligi haroratga bog‘liqligini 6.23-rasmda tasvirlangan qurilma yordamida tekshirishimiz mumkin. Buning uchun metall o‘tkazgich va yarimo‘tkazgichlarni milliampermetr orqali batareykaga ulaymiz va ularni qizdiramiz. Metallni qizdirganimizda zanjirdagi milliampermetrning ko‘rsatishi kamayadi, yarimo‘tkazgichni qizdirganimizda esa milliampermetrning ko‘rsatishi ortadi. Demak, qizdirilganda metallning elektr o‘tkazuvchanligi kamayadi, yarimo‘tkazgichniki esa ortadi.

2. Yarimo'tkazgichli moddalar

Hozirgi kunda yarimo'tkazgichli elektronika asboblarini ishlab chiqarishda eng ko'p qo'llanadigan moddalardan biri kremniy moddasidir. Chunki kremniy tabiatda keng tarqalgan bo'lib, Yer qobig'ining ~ 27,6 foizini tashkil etadi. Shu bilan birga, kremniy zaharli modda emas, unga texnologik ishlov berish oson.

Kundalik turmushda ishlatiladigan kompyuterlar, qo'l telefonlari, smartfonlar, elektron soatlar, lazerlar, radio, televizor, elektron boshqaruv qurilmalari yarimo'tkazgich moddalari asosida ishlab chiqiladi. Yarimo'tkazgich moddalarisiz hozirgi zamon texnikasining rivojlanishini tasavvur qilib bo'lmaydi.

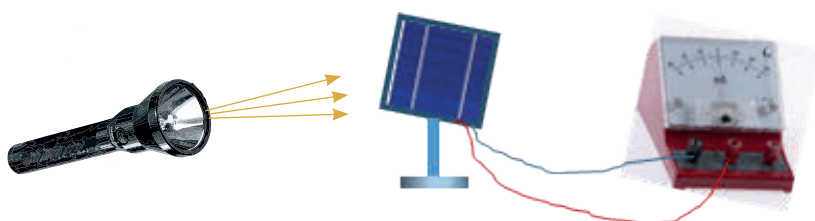
Amaliy topshiriq

Maqsad: yarimo'tkazgichli fotoelement ishlashini o'rganish.

Kerakli jihozlar: fotoelement, milliampermetr, yorug'lik manbai, har xil rangli shishalar, ulash simlari.

Ishni bajarish tartibi

1. Fotoelementni taglikka o'rnatib, ulash simlari yordamida uni milliampermetrga ulang (rasmga qarang). Fotoelement qisqichlari bilan milliampermetr qisqichlarining "+" va "-" qutblari mosligiga e'tibor bering.
2. Fonar (yorug'lik manbai)ni yoqib, fotoelementning sirtini yoriting.
3. Fotoelementning yuzasini kuchli va kuchsiz yorug'lik nurlari bilan yoritib, milliampermetrning ko'rsatishini kuzating.
4. Fotoelementni har xil rangdagi nurlar bilan yoritib (buning uchun yorug'lik yo'liga har xil rangdagi shishalarni joylashtirish mumkin), milliampermetrning ko'rsatishini kuzating.

Tajriba natijalari bo'yicha xulosa chiqaring.

rangli shishalar

1. Temperatura ortishi bilan yarimo'tkazgichning elektr qarshiligi qanday o'zgaradi? Javobingizni asoslab bering.

2. Elektr xossalari bo'yicha yarimo'tkazgichlar metallardan farqli bo'lishiga sabab nima?

3. Qanday xossasiga ko'ra ba'zi moddalar yarimo'tkazgichlar deb nomlangan?

44-MAVZU

YARIMO‘TKAZGICHLARNING ELEKTR O‘TKAZUVCHANLIGI

1. Elektron o‘tkazuvchanlik.
2. Kovak o‘tkazuvchanlik.
3. Aralashmali yarimo‘tkazgichlar.

Elektron asboblar (kalkulyator, smartfonlar, noutbuklar)da yarim o‘tkazgich elementlari qanday vazifalarni bajaradi?

1. Elektron o‘tkazuvchanlik

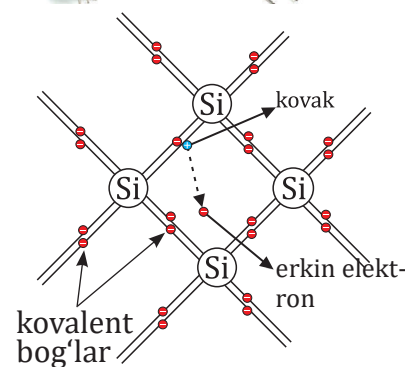
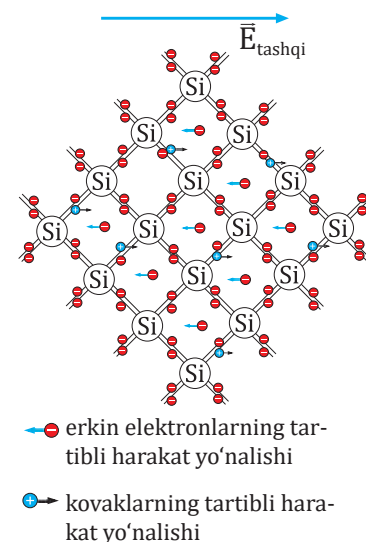
Kremniy atomidagi kovalent bog‘lanishlar kuchli bo‘lib, past temperaturalarda ulardagi elektronlar atomlar qurshovida bo‘ladi. Shu sababli past temperaturalarda kremniyda erkin elektronlar deyarli bo‘lmaydi, natijada kremniy elektr tokini o‘tkazmaydi. Harorat ko‘tarilganda kovalent bog‘lanishlardagi elektronlarning kinetik energiyasi ortadi. Ayrim kovalent bog‘lanishlar uzila boshlaydi. Elektronlar atomdan ajralib, erkin harakat qiluvchi elektronga aylanadi (6.24-rasm). Erkin elektronlar ma’lum bir atomga emas, balki butun kristall panjaraga tegishli bo‘lib, hajm bo‘ylab erkin harakatlana oladi. Elektr maydon bo‘lmaganda erkin elektronlar hajm bo‘ylab tartibsiz harakat qiladi. Agar kremniyga tashqi elektr maydon berilsa, maydon ta’sirida erkin elektronlarning tartibli ko‘chishi yuzaga keladi va elektr tokini hosil qiladi (6.25-rasm). Yarimo‘tkazgichlarda erkin elektronlarning ko‘chishi tufayli tok hosil bo‘lishiga **elektron o‘tkazuvchanlik** yoki ***n* turdagi o‘tkazuvchanlik** deyiladi (lot. *negativus* – manfiy).

6.24-rasm

2. Kovak o‘tkazuvchanlik

Kremniyning kovalent bog‘lanishidagi juft elektronlardan birining chiqib ketishi natijasida bo‘sh joy – kovak hosil bo‘ladi (6.24-rasm). Neytral atomdan manfiy zaryadli elektronning chiqib ketishidan hosil bo‘lgan kovak musbat zaryadga ega bo‘ladi. Kovak zaryadining miqdori (q_p) elementar zaryad miqdoriga teng: q_p=1,6·10^{-19} C. Shunday qilib, kovak yarimo‘tkazgichning kovalent bog‘lanishida elektron egallashi mumkin bo‘lgan bo‘sh joydir. Yangi hosil bo‘lgan kovakni boshqa kovalent bog‘lanishdagi elektron kelib to‘ldiradi va kovak ko‘chadi. Shunday qilib, kovak yarimo‘tkazgichning butun hajmi bo‘ylab ko‘chib yuradi. Elektr maydon bo‘lmasa, kovaklarning bunday ko‘chishi tartibsiz holda yuz beradi. Yarimo‘tkazgichga tashqi elektr maydon berilsa, kovaklar maydon yo‘nalishida ko‘chadi va elektr tokini hosil qiladi (6.25-rasm). Yarimo‘tkazgichlarda kovaklar ishtirokidagi elektr o‘tkazuvchanlik **kovakli o‘tkazuvchanlik** yoki ***p* tur o‘tkazuvchanlik** deb ataladi (lot. *pozitivus* – musbat).

6.25-rasm

Shunday qilib, sof (hech qanday aralashmalarsiz) yarimo‘tkazgichlarda erkin elektronlarning harakati bilan bog‘liq elektron o‘tkazuvchanlik, kovaklarning harakati bilan bog‘liq kovakli o‘tkazuvchanlik bo‘ladi. Sof yarimo‘tkazgichlarda bitta erkin elektron hosil bo‘lganda albatta bitta kovak ham hosil bo‘ladi. Shuning uchun sof yarimo‘tkazgichlarda erkin elektronlar soni kovaklar soniga teng bo‘ladi.

Yarimo‘tkazgichlarda zaryad tashuvchi zarrachalar elektronlar va kovaklar hisoblanadi.

Yarimo‘tkazgichdan o‘tayotgan tok kuchi (I) elektronlar (I_e) va kovaklar (I_k) hosil qilgan tok kuchlarining yig‘indisiga teng:

$$I = I_e + I_k \qquad (1)$$

Sof yarimo‘tkazgichlarda erkin elektronlar va kovaklar soni kam bo‘lganligidan ularning elektr o‘tkazish qobiliyati kichik bo‘ladi.

Aralashmalarsiz, sof yarimo‘tkazgichdagi elektr o‘tkazuvchanlik *xususiy o‘tkazuvchanlik* deyiladi.

6.26-rasm

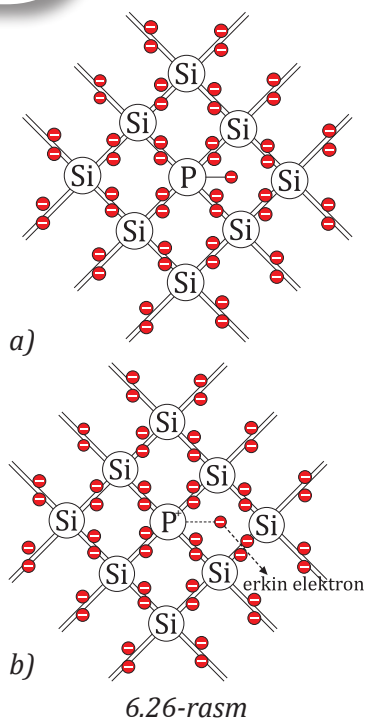
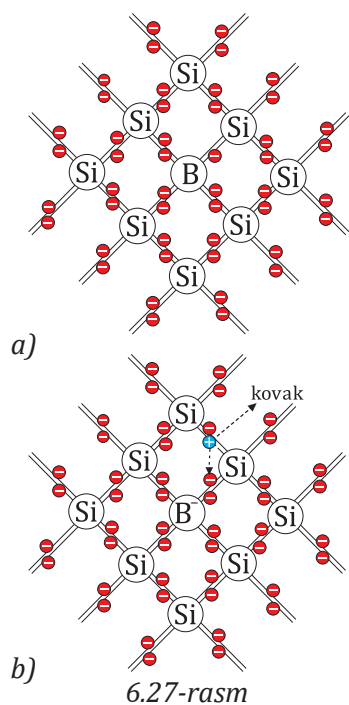
Yarimo‘tkazgich tarkibiga kiritilganda elektronini beradigan aralashmaga *donor aralashma* deyiladi.

Aralashmali yarimo‘tkazgichlar

Donor aralashmalar. Endi sof kremniyga ozgina aralashma kiritaylik. Dastlab kremniy kristall panjarasiga kimyoviy elementlar davriy jadvalining beshinchi guruhida joylashgan fosfor (P) elementining atomlarini kiritaylik. Fosfor atomining tashqi elektron qobig‘ida 5 ta valent elektron bor. Fosfor atomi kremniyning kristall panjarasiga kiritilganda u panjara tugunida joylashib, qo‘shni 4 ta kremniy atomi bilan to‘yingan kovalent bog‘lanishlarni hosil qiladi (6.26 *a*-rasm). Bunda fosforning 4 ta valent elektroni ishtirok etadi, beshinchi elektron esa kimyoviy bog‘lanishda ishtirok etmasdan bo‘sh qoladi va atomni tark etadi. Bu elektron butun hajm bo‘ylab harakatlanuvchi erkin elektronga aylanadi (6.26 *b*-rasm). Bitta elektronini yo‘qotgan fosfor atomi musbat ionga aylanadi. Fosfor ionlari kremniy atomlari bilan mustahkam kovalent bog‘lanishda bo‘lganligi sababli bir joydan boshqa joyga ko‘chib yurmaydi va tok o‘tkazishda ishtirok etmaydi. Demak, bunday kiritma atomlari faqatgina erkin elektronlarni hosil qiladi. Kristall panjara tarkibiga ko‘plab fosfor atomlarini kiritsak, kremniyda erkin elektronlar soni kovaklar sonidan keskin ortib ketadi. Yarimo‘tkazgichning qarshiligi esa keskin kamayadi.

Kimyoviy elementlar davriy jadvalining V guruh element atomlari (P, As, Sb, Bi) kremniy va germaniylar uchun donor aralashma vazifasini o‘taydi. Donor aralashmaga ega bo‘lgan yarimo‘tkazgichlarda asosiy tok tashuvchi zarralar elektronlar bo‘lganligi uchun ular *n* turdagi yarimo‘tkazgichlar deb ataladi.

6.27-rasm

Akseptor aralashmalar. Sof kremniy tarkibiga bor (B) elementining atomlarini kiritaylik. Bor elementi davriy jadvalning III guruhida joylashgan bo‘lib, atomning tashqi elektron qobig‘ida 3 ta valent elektron mavjud. Bor atomi kremniyning kristall panjarasiga kiritilsa, u panjara tugunida joylashadi va o‘ziga qo‘shni bo‘lgan 4 ta kremniy atomi bilan kovalent bog‘lanish hosil qiladi. Ammo barcha bog‘lanishlar to‘yingan juft elektronli bo‘lishi uchun bor atomida bitta elektron yetishmaydi (6.27 *a*-rasm). Bu yetishmagan elektronni bor atomi atrofida joylashgan kremniy atomlaridan oladi. Natijada kremniy atomlarida kovak hosil bo‘ladi (6.27 *b*-rasm). Bitta elektronni biriktirib olgan bor atomi manfiy ionga aylanadi. Kristall panjara tugunlarida joylashgan bunday ionlar zaryad tashishda ishtirok etmaydi, chunki ular joyidan ko‘chmaydi. Demak, bor atomlari faqatgina kovaklar sonini oshiradi, erkin elektronlar soni esa o‘zgarmay qoladi. Kremniy tarkibiga qancha bor atomi kiritilsa, shuncha kovak hosil bo‘ladi.

Yarimo‘tkazgich tarkibiga kiritilganda kovakli o‘tkazuvchanlikni hosil qiladigan aralashmalar *akseptor aralashmalar* deyiladi.

Kimyoviy elementlar davriy jadvalining III guruh element atomlari (B, Al, Ga, In) kremniy va germaniylar uchun akseptor aralashma vazifasini o‘taydi. Akseptor aralashmali yarimo‘tkazgichlarda kovaklar erkin elektronlarga nisbatan juda ham ko‘p bo‘ladi. Shuning uchun bunday yarimo‘tkazgichlarda kovaklar asosiy zaryad tashuvchi, elektronlar esa asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchi zarralar hisoblanadi. Asosiy zaryad tashuvchilari kovaklardan iborat bo‘lgan aralashmali yarimo‘tkazgichlar *p* turdagi yarimo‘tkazgichlar deyiladi.

Yarimo‘tkazgichlar tarkibiga har xil kimyoviy element atomlarini kiritib, ularning elektr o‘tkazuvchanligini boshqarish mumkin.

1. Aralashmasiz sof yarimo‘tkazgichlar qanday turdagi o‘tkazuvchanlikka ega?

2. Yarimo‘tkazgichlarda elektron va kovak uchrashganda qanday hodisa yuz beradi?

3. Yarimo‘tkazgich asosan teshikli o‘tkazuvchanlikka ega. Kristallda qanday aralashma bor?

4. Germaniy tarkibiga margimush atomlari kiritilgan. Unda qanday zaryad tashuvchilar asosiy hisoblanadi?

Amaliy topshiriq

Maqsad: yarimo‘tkazgich elektr qarshiligining temperaturaga bog‘liqligini o‘rganish.

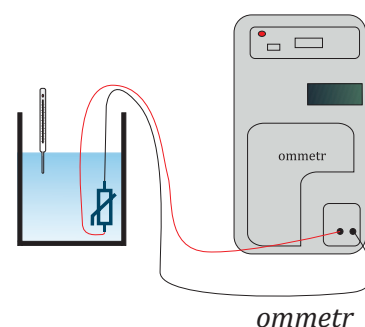
Kerakli jihozlar: termorezistor (yarimo‘tkazgich), ommetr, shisha idish, termometr, ulash simlari.

Ishni bajarish tartibi

1. Shisha idishga ozroq suv quying. Suvga termometr va termorezistorlarni tushiring.
2. Termorezistorni ommetrga ulang.
3. Termometr va ommetrlarni ko‘rsatishlarini kuzating.
4. Shisha idishga ketma-ket issiq suv quyib, so‘ng temperatura ortgani sari termometr va ommetrlarning ko‘rsatishi qanday o‘zgarayotganligini kuzating.
5. Shisha idishdagi suvni sovuq suvga almashtiring.
6. Shisha idishdagi termorezistorni metall o‘tkazgich (masalan, isitkich plitasining spirali)ga almashtiring.
6. Shisha idishdagi suvga ketma-ket issiq suv qo‘shib suv isigani sari termometr va ommetrlarning ko‘rsatishi qanday o‘zgarayotganligini kuzating.

Eslatma. Yarimo‘tkazgich va metall o‘tkazgichlarning temperaturasi shisha idishdagi suvning temperaturasi bilan tenglashishi uchun tajribani sekinroq bajaring.

Tajriba natijalari asosida xulosa chiqaring.

ommetr

termorezistor

termorezistorning belgilanishi

45-MAVZU

YARIMO'TKAZGICHLI ASBOBLAR VA ULARNING TEXNIKADA QO'LLANISHI

1. Yarimo'tkazgichlarda *p-n* o'tish.
2. Yarimo'tkazgichli diod.
3. Tranzistor haqida tushuncha.
4. Integral mikrosxemalar.

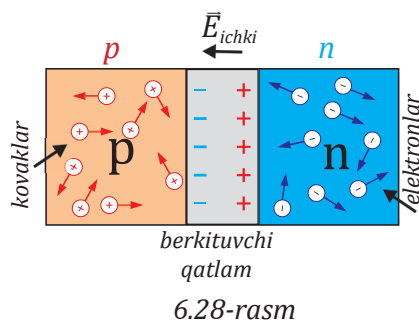
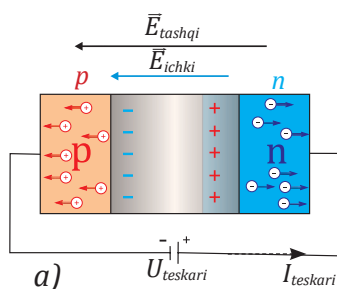
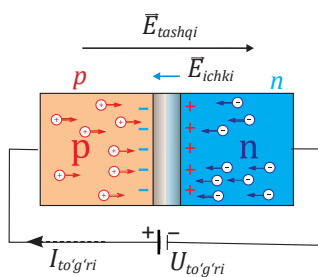
Yarimo'tkazgichlardan tayyorlangan jihozlar qishning sovuq hamda yozning issiq kunlarida bir xilda ishlaydimi?

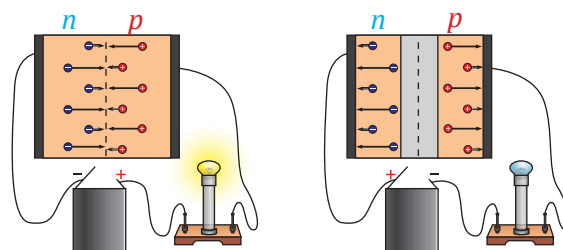
Hozirgi kunda elektronika va radiodetallarning asosiy elementlari yarimo'tkazgich moddalari asosida ishlab chiqariladi. Bunday elementlar qanday ishlaydi? Ularda elektron jarayonlarni amalga oshiruvchi qismlar qanday tuzilishga ega? Ushbu mavzuda shu kabi savollarga to'xtalib o'tamiz.

1. Yarimo'tkazgichlarda *p-n* o'tish

Biror yaxlit yarimo'tkazgich kristalining bir qismida *n* turdagi, ikkinchi qismida *p* turdagi o'tkazuvchanlik sohalarini hosil qilaylik (6.28-rasm). *p* va *n* sohalarning o'zaro tutashgan chegara qismida erkin elektronlar kovaklarni to'ldiradi, ya'ni elektron-kovak rekombinatsiyasi yuz beradi. Natijada yarimo'tkazgichning ushbu qismida zaryad tashuvchilari deyarli bo'lmagan, xususiyati dielektriknikiga o'xshash soha hosil bo'ladi. Bu soha erkin elektronlarni *p* sohaga tomon, kovaklarni esa *n* sohaga tomon o'tishiga to'sqinlik qiladi. Shu sababli ushbu soha berkituvchi qatlam deyiladi. Berkituvchi qatlamda *p* turdagi yarimo'tkazgichga tegishli qismida erkin ko'cha olmaydigan, manfiy zaryadlangan akseptor atomlari *n*- turdagi yarimo'tkazgichga tegishli qismida esa musbat zaryadlangan donor atomlari ichki elektr maydonni ($\vec{E}_{ichki}$) hosil qiladi. Ichki elektr maydon kuch chiziqlari *n* turdagi yarimo'tkazgichdan *p* turdagi yarimo'tkazgichga tomon yo'nalgan bo'ladi (6.28-rasm).

6.28-rasm

Mazkur yarimo'tkazgichni tok manbaiga ulaylik. Dastlab yarimo'tkazgichning *p* sohasini manbaning manfiy qutbiga, *n* sohasini manbaning musbat qutbiga ulaylik (6.29 *a*-rasm). Bunda elektronlar manbaning musbat qutbiga, kovaklar manbaning manfiy qutbiga tortiladi. Natijada berkituvchi qatlam kengayadi va uning qarshiligi ortadi. Yarimo'tkazgich orqali tok deyarli o'tmaydi. Bunday holat *teskari p-n o'tish* deb ataladi.

6.29-rasm

6.30-rasm

Endi yarimo'tkazgichning *p* sohasiga manbaining musbat qutbini, *n* sohasiga manfiy qutbini ulaylik. Bunda elektronlar tok manbaining manfiy qutbidan itarilib, musbat qutbga ulangan *p*-sohaga tortiladi. Kovaklar esa musbat qutbdan itarilib, *n* sohaga tortiladi. Natijada berkituvchi qatlam torayadi, uning qarshiligi kamayadi va undan tok o'ta boshlaydi (6.29 *b*-rasm). Bunday holat *to'g'ri p-n o'tish* deyiladi. To'g'ri *p-n* o'tishda yarimo'tkazgichning elektr qarshiligi, teskari *p-n* o'tishga nisbatan bir necha o'n, ba'zan bir necha yuz marta kichik bo'ladi. *p-n* o'tishga ega bo'lgan yarimo'tkazgichda elektr toki faqat bir tomonlama o'tishini 6.30-rasmda ko'rsatilgan elektr zanjiri yordamida kuzatish mumkin. 6.30 *a*-rasmda *p-n* o'tish to'g'ri yo'nalishda ulangan bo'lib, zanjirda tok mavjudligini lampochkaning yonishidan aniqlaymiz. 6.30 *b*-rasmda esa *p-n* o'tish teskari yo'nalishda ulangan bo'lib, bunda yarimo'tkazgich orqali tok o'tmayotganligini lampochkaning yonmaganligidan bilib olamiz.

p-n o'tishli yarimo'tkazgichlarning elektr tokini bir tomonlama o'tkazish xususiyatidan yarimo'tkazgichli asboblarda foydalaniladi.

_p-n_ o'tishga ega bo'lgan struktura tokni bir tomonlama o'tkazish xususiyatiga ega bo'ladi.

Yarimo'tkazgichli diod bu tokni bir tomonlama o'tkazuvchi _p-n_ o'tishga ega bo'lgan elektron qurilmadir.

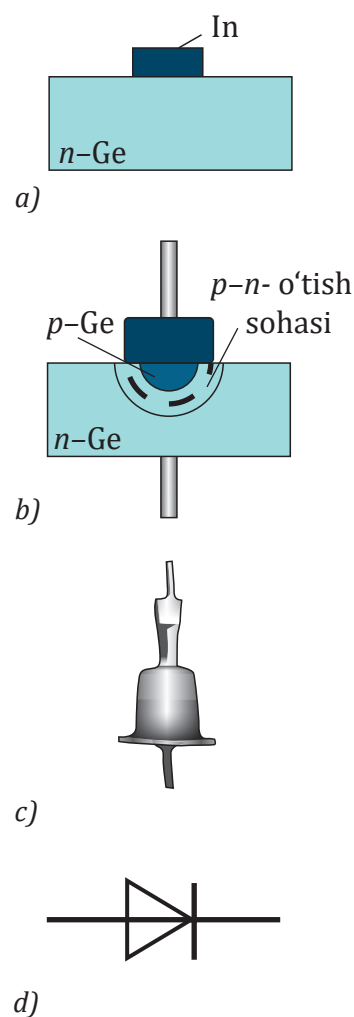
2. Yarimo'tkazgichli diod

Yarimo'tkazgichlarda *p-n* o'tishni hosil qilish uchun *p* va *n* turdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ikkita yarimo'tkazgichni mexanik ravishda ulash yetarli bo'lmaydi. Chunki bu holda ulardagi oraliq masofa katta bo'ladi. *p* va *n* sohalar orasidagi qalinlik atomlararo masofaga teng bo'ladigan darajada kichik bo'lishi kerak. Buning uchun donor aralashmaga ega bo'lgan *n* turdagi yaxlit yarimo'tkazgich, masalan, germaniy (*n*-Ge) monokristallini olaylik. Germaniy ustiga *p* tur o'tkazuvchanlikni hosil qiluvchi, kimyoviy elementlar davriy jadvalining III guruh elementlaridan, masalan, indiy (In)ning kichik bo'lakchasini joylashtiramiz (6.31 *a*-rasm). So'ng uni vakuum sharoitida 400–500 °C temperatura oralig'ida (In ning erish temperaturasi 157 °C, Ge ning erish temperaturasi esa 938 °C ga teng) qizdiramiz. Namuna sovitilganda germaniyni In bilan kontaktda bo'lgan sohasi atrofida germaniy monokristallining ichiga In atomlarining kirib qolishi sababli *p* turdagi germaniy (*p*-Ge) qatlami hosil bo'ladi (6.31 *b*-rasm). Germaniy monokristallining indiy atomlari kirmagan sohasi avvalgidek *n* turdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi. Natijada *p*-Ge va *n*-Ge qatlamlari orasida *p-n* o'tish sohasi hosil bo'ladi (6.31 *b*-rasm).

Bitta _p-n_ o'tishga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli asbobga yarimo'tkazgichli diod deyiladi.

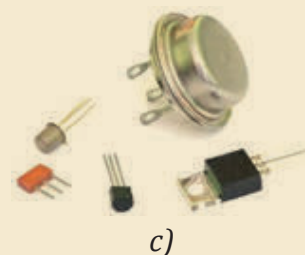
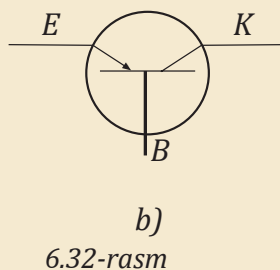
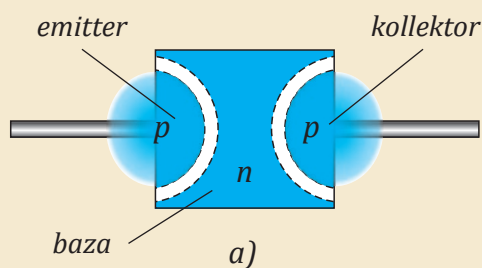
Yarimo'tkazgichli diodga yorug'lik, havo va tashqi elektr, magnit maydonlarining ta'sirlarini kamaytirish uchun germaniy kristalli germetik berk metall qobiqqa joylashtiriladi (6.31 *c*-rasm).

Yarimo'tkazgichli diodning shartli belgisi 6.31 *d*-rasmda ko'rsatilgan.

Yarimo'tkazgichli diod bu tokni bir tomonlama o'tkazuvchi *p-n* o'tishga ega bo'lgan elektron qurilmadir.

6.31-rasm

3. Tranzistor haqida tushuncha

Ikkita *p-n* oʻtishga ega boʻlgan yarimoʻtkazgichli sistemani **tranzistor** deb qarash mumkin. Tranzistor yordamida oʻzgaruvchan elektr signallari kuchaytiriladi, elektr tebranishlari hosil qilinadi va boshqariladi.

Tranzistorni tayyorlash uchun elektron oʻtkazuvchanlikka ega boʻlgan germaniy kristallining qarama-qarshi tomonlariga indiy kavsharlanadi. Xuddi yarimoʻtkazgichli diodni tayyorlashga oʻxshash vakuumda qizdirish yoʻli bilan *n*-Ge ning ikkita tomonida *p*-Ge qatlamlari olinadi. Germaniy kristallining qalinligi juda kichik boʻladi (bir necha mikrometr). Mana shu qatlam *tranzistorning asosi*, ya'ni **bazasi** deb ataladi (6.32 *a*-rasm). Uning kovakli oʻtkazuvchanlikka ega boʻlgan ikkita tomonidan chiqarilgan uchlari *emitter* va *kollektor* deyiladi. Bunday turdagi tranzistor *p–n–p* strukturali tranzistor deb yuritiladi (6.32 *a*-rasm).

6.32-rasm

Tranzistor ikkita *p-n* oʻtishdan tashkil topgan uch elektrodli (emitter, baza, kollektor) elektron asbob boʻlib, u elektr signallarini hosil qilish, kuchaytirish va boshqarish vazifalarini bajaradi.

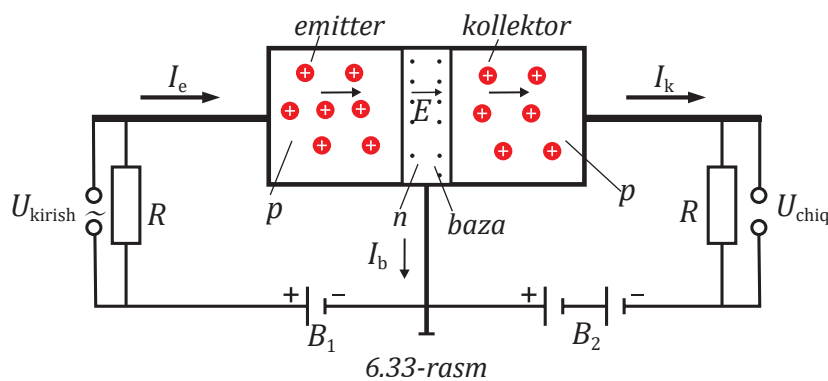
Tranzistorning emitter sohasidagi kovaklar konsentratsiyasi, bazadagi erkin elektronlar konsentratsiyasiga nisbatan bir necha marta katta qilib tayyorlanadi. *p–n–p* strukturali tranzistorning shartli belgisi 6.32 *b*-rasmda keltirilgan. Tashqi ta'sirlarning oldini olish maqsadida tranzistorlar tashqi tomondan har xil gʻiloflar bilan himoyalanadi (6.32 *c*-rasm).

Tranzistorning ishlashi bilan tanishaylik (6.33-rasm). Emitter-baza oraligʻiga ulangan B_1 batareya kuchlanishi toʻgʻri *p-n* oʻtishni hosil qiladi va emitter tokini (I_e) yuzaga keltiradi. Baza-kollektor oraligʻidagi B_2 batareya teskari *p-n* oʻtishni hosil qiladi. U holda kollektorda tok qanday hosil boʻladi? Emitter-baza oraligʻiga qoʻyilgan kuchlanish ta'sirida kovaklar bazaga kirib keladi. Bazaning qalinligi juda kichik boʻlganligi hamda undagi erkin elektronlar konsentratsiyasi kam boʻlganligi uchun kovaklarning juda kam qismigina elektronlar bilan birikib, neytrallashadi. Koʻp kovaklar esa kollektor sohasiga oʻtib qoladi.

Kollektorga B_2 batareyaning manfiy qutbi ulanganligi uchun kovaklar unga tortilib, kollektor tokini (I_k) hosil qiladi. Emitter-baza zanjiridagi tok kuchi (I_b), emitter-kollektor yoʻnalishidagi tok kuchidan ancha kichik boʻladi. Emitter-baza yoʻnalishidagi tok kuchi (I_b) qanday oʻzgarsa, emitter-kollektor yoʻnalishida oʻtayotgan tok kuchi (I_k) ham xuddi shunday oʻzgaradi. Emitter-baza yoʻnalishidagi tok

kuchi (I_b) zanjirning kirish qismiga berilgan o‘zgaruvchan kichik kuchlanish (U_{kir} – kirish kuchlanishi) orqali boshqariladi. Zanjirning chiqishida esa o‘zgaruvchan katta qiymatli chiqish kuchlanishi (U_{chiq}) hosil bo‘ladi. Shunga ko‘ra, tranzistordan o‘zgaruvchan tok signallarini kuchaytirishda foydalaniladi.

Tranzistorni tayyorlashda baza sifatida *p* turdagi yarimo‘tkazgich olinishi ham mumkin. Bu holda emitter va kollektor sohasi *n* turdagi yarimo‘tkazgichdan tayyorlanadi. Bunday tranzistor *n-p-n* strukturali tranzistor deyiladi. Bunday turdagi tranzistorlarning ishlash prinsipi *p-n-p* turdagi tranzistordan farq qilmaydi. Faqatgina ularda tok kollektordan emitterga tomon yo‘nalgan bo‘ladi.

6.33-rasm

a)

b)

6.34-rasm

Integral mikrosxemalar

O‘tgan asrning 70-yillarida diametri 1 cm bo‘lgan yarimo‘tkazgichli plastinkalarda minglab mikroskopik tranzistorlar joylashtirilgan mikrosxemalar kashf qilindi. Ularda tranzistorlar bilan birgalikda diodlar, kondensatorlar, rezistorlar va boshqa radioelektron elementlar ham joylashtirilganligi uchun ular *integral mikrosxema* deb ataldi. 6.34 *a*-rasmda mikrosxemalarning tashqi ko‘rinishi, 6.34 *b*-rasmda esa elektron qurilma platasiga o‘rnatilgan har xil mikrosxemalar tasvirlangan. Integral mikrosxemalar kashf qilinishi kichik bir hajmda murakkab sxemalarni joylashtirish va stol kompyuterlarini yaratish imkoniyatini tug‘dirdi. Dastlabki davrda radioelementlar yarimo‘tkazgichli plastinkaning yuza sohasida yasalgan bo‘lsa, keyinchalik ular plastinkaning butun hajmida hosil qilina boshlandi. Ular ***mikrochiplar*** deb atala boshlandi. Mikrochiplar asosida qo‘l telefonlari, ko‘tarib yuriladigan kompyuter (noutbuk), h.k. mitti radioelektron qurilmalar yasalmoqda. Hozir tangadek keladigan mikrochipda yuz millionlab tranzistor va radioelementlar joylashtirilmoqda. Bu degani radioelement o‘lchami ~ 10^{-9} m atrofida deganidir. 10^{-9} m bir nanometrga teng. Shunga ko‘ra, bunday mikrosxemalarni loyihalash, yasash ishlari bilan shug‘ullanadigan soha nanotexnologiya deyiladi.

Mikrosxemalar, mikrochiplar hozirgi zamon kompyuterlari, elektron boshqaruv qurilmalarining asosi hisoblanadi.

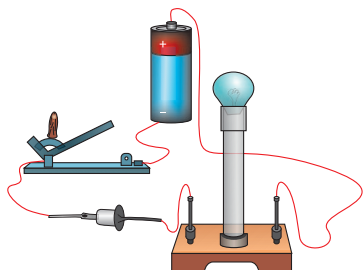
Amaliy topshiriq

Maqsad: yarimo‘tkazgichli diodning elektr tokini bir tomonlama o‘tkazishini kuzatish.

Kerakli jihozlar: yarimo‘tkazgichli diod, tok manbai, lampochka, kalit, ulash simlari.

Ishni bajarish tartibi

1. Jihozlardan foydalanib rasmda keltirilgandek zanjir tuzing.
2. Boshlang‘ich holatda kalit uzuq bo‘ladi.
3. Kalitni ulang va lampochkaning yonishini kuzating.
4. Kalitni o‘chiring va zanjirga ulangan tok manbai qutblarini o‘zgartiring.
5. Kalitni ulang va lampochka yonishini kuzating.

Tajriba natijalari asosida xulosa chiqaring.

1. p-n o‘tishda qanday zarrachalar zaryad tashiydi?

2. p-n o‘tish qarshiligi unga qo‘yilgan kuchlanishga qanday bog‘liq?

3. Tranzistorda to‘g‘ri va teskari p-n o‘tishlar uning qaysi sohalarida bo‘ladi?

4. p-n-p va n-p-n turdagi tranzistorlar nimasi bilan farqlanadi?

5. Yarimo‘tkazgichli diodning ishlash prinsipi qanday?

6. Tranzistor qanday tuzilgan?

7. Integral sxemalar haqida nimalarni bilasiz? Ular qo‘llanadigan sohalarni ayting.

LABORATORIYA ISHI

46-MAVZU

YARIMO‘TKAZGICHLI DIODNING VOLT-AMPER TAVSIFINI O‘RGANISH

Ishning maqsadi: yarimo‘tkazgichli dioddan o‘tuvchi tok kuchini unga qo‘yilgan kuchlanishga bog‘liqligini o‘rganish.

Kerakli asboblar: yarimo‘tkazgichli diod (kolodkada); o‘zgarmas tok manbai (36–42 V); kalit; o‘tkazgich simlari; milliampermetr; reostat; voltmetr (1-rasm).

1-rasm.

Ishni bajarish tartibi

1. Kerakli asboblar to‘planib, 2-rasmdagi chizma bo‘yicha elektr zanjiri yig‘iladi. Chizmada quyidagi belgilashlar keltirilgan: M – o‘zgarmas tok manbai; R – reostat; V – voltmetr; mA – milliampermetr; D – diod; K – kalit.
2. Ochiq (zanjir uzilgan) holatga keltiriladi.
3. Reostat surgichini surib, voltmetrning ko‘rsatishi 0 V bo‘ladigan holatga qo‘yiladi.
4. Kalit ulanadi.
5. Reostat jilgichini surib, tashqi zanjirga beriladigan kuchlanish orttirib boriladi. Voltmetr va milliampermetr ko‘rsatishlari yozib boriladi.
6. O‘lchash natijalari quyidagi jadvalga kiritiladi.

2-rasm.

U, V									
I, mA									

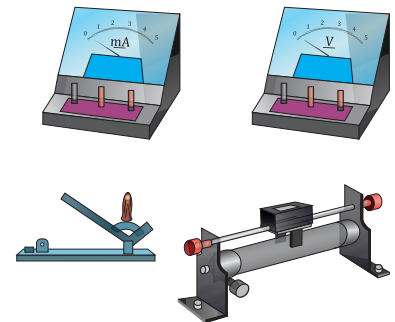
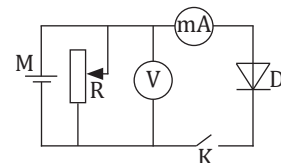
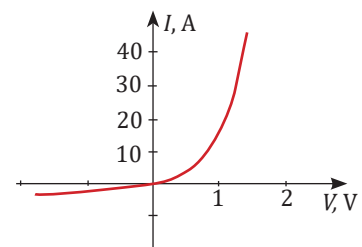
7. Kalit ochiq (zanjir uzilgan) holatga keltiriladi.
8. Tok manbaining qutblari almashtirilib ulanadi va tajriba yuqorida keltirilgan 3–6-ko‘rsatmalar bo‘yicha takrorlanadi.
9. Natijalarga ko‘ra, yarimo‘tkazgichli dioddan o‘tuvchi tok kuchining qo‘yilgan kuchlanishga bog‘liqlik grafigi chiziladi.
10. Yarimo‘tkazgichli dioddan to‘g‘ri p-n o‘tish va teskari p-n o‘tish yo‘nalishda o‘tadigan tok kuchining qo‘yilgan kuchlanishga bog‘liqligi 3-rasmdagi grafikda keltirilgan.

3-rasm.

Diodga teskari yo‘nalishdagi kuchlanish qo‘yilganda diod pasportida yozilgan qiymatidan katta kuchlanish qo‘yish mumkin emas.

1. Diod to‘g‘ri ulangan holda tok kuchining qo‘yilgan kuchlanishga bog‘liqligi to‘g‘ri chiziqdan iborat emasligiga e’tibor bering va sababini tushuntirishga harakat qiling.

2. Nima sababdan teskari yo‘nalishda kuchlanish qo‘yilsa, undan biroz miqdorda bo‘lsa ham, tok o‘tadi?

3. Olingan ma’lumotlardan foydalanib, diodning to‘g‘ri va teskari o‘tish yo‘nalishlari uchun elektr qarshiligini toping.

VI BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Rux sulfat eritmasini 1 soat davomida elektroliz qilganda undan 2,45 g rux ajralib chiqdi. Agar elektrolitik vannaga ketma-ket ulangan qarshilikdagi kuchlanish tushishi 6 V ga teng bo'lsa, bu qarshilikning kattaligini toping. Ruxning elektrokimyoviy ekvivalenti $0{,}338 \cdot 10^{-6}$ kg/C ga teng.

2. $CuSO_4$ tuzining suvdagi eritmasi orqali olib borilgan elektroliz jarayonida anodga 10^{20} ta elektron o'tgan bo'lsa, ajralib chiqqan misning massasini aniqlang.

3. $ZnSO_4$ eritmasidan rux ajratib olish uchun 2 kW·h energiya sarf qilingan. Elektrodlar orasidagi potensiallar farqi 2 V ga teng bo'lsa, elektrodda qancha rux massasi ajraladi?

4. Ikkita alohida vannada buyumlarga elektrolitik yo'l bilan bir xil tok kuchida mis va kumush qoplanmoqda. Bir xil vaqt oralig'ida kumush qatlamining massasi 40,78 g bo'lsa, mis qatlamining massasi qanday bo'ladi?

5. Ikki soatda 8,049 g kumush ajralib chiqishi uchun elektrolit orqali o'tayotgan tok kuchi qanday bo'lishi kerak? Kumushning elektrokimyoviy ekvivalenti $1{,}118 \cdot 10^{-6}$ kg/C ga teng.

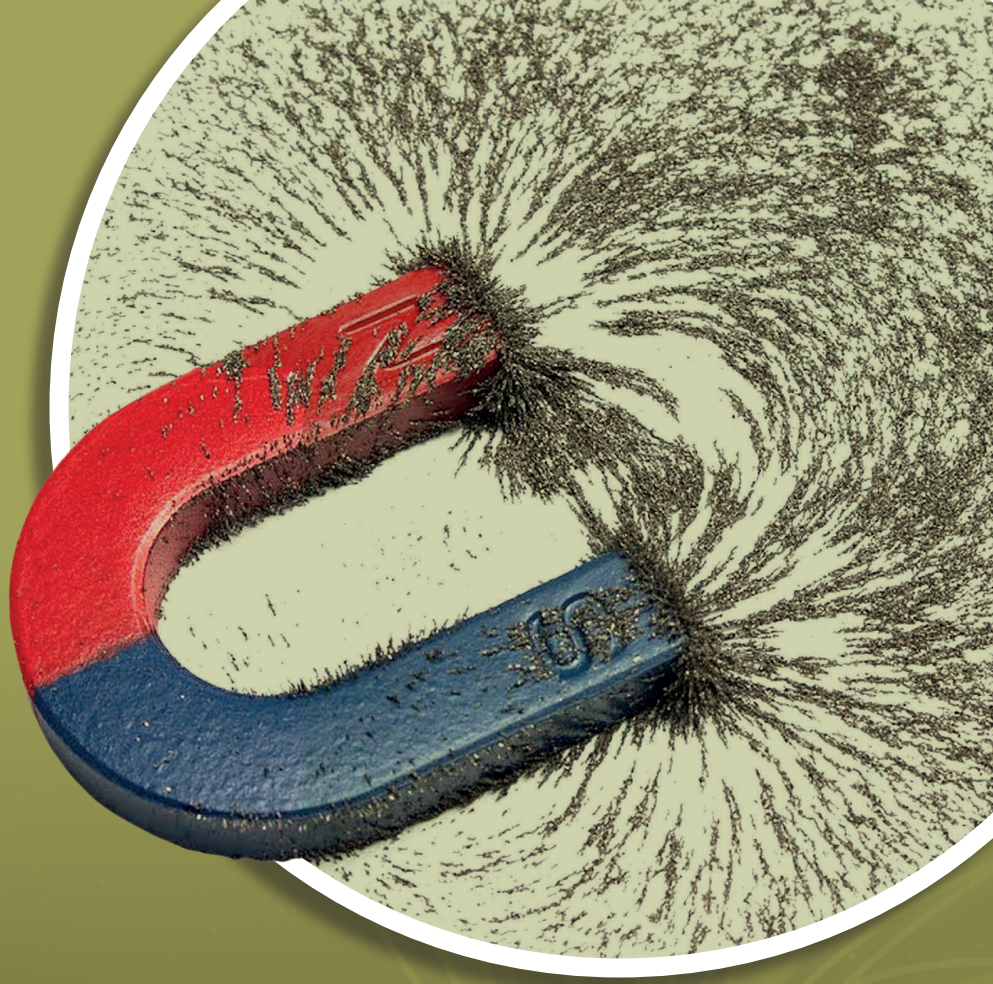
6. Agar Yer bilan bulut orasidagi potensiallar farqi 10^8 V, razryad energiyasi $2 \cdot 10^9$ J bo'lsa, razryad vaqtida o'tgan zaryad miqdorini toping.

7. Geliy atomining ionlanish potensiali 24,5 V ga teng. Geliy atomini ionlash uchun elektron necha joul energiyaga ega bo'lishi kerak? 1 V potensiallar farqini o'tgan elektron 1 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J energiyaga ega bo'ladi.

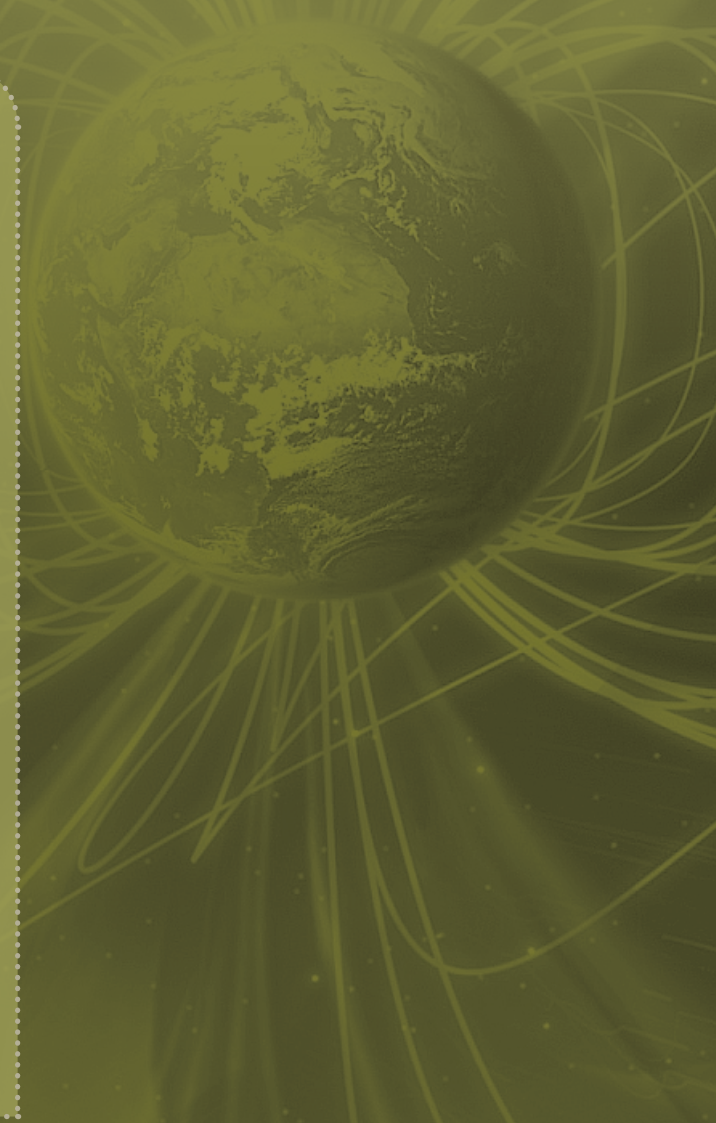
8. Azot atomini ionlash uchun elektron qanday minimal tezlikka ega bo'lishi kerak? Azot atomining ionlanish energiyasi $23{,}2 \cdot 10^{-19}$ J ga teng. Elektronning massasi $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg ga teng.

9. Kripton atomining ionlanish energiyasi $22{,}2 \cdot 10^{-19}$ J ga teng. Kripton atomini ionlash uchun elektr maydonida tezlashayotgan elektron qanday potensiallar farqini o'tishi kerak?

10. Qarshiliklari teng bo'lgan ikkita termistor o'zgarmas tok manbaiga parallel ulandi. Termistorlardan biri sovitilganda zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok kuchi 1,5 marta kamaygan bo'lsa, uning (termistorning) qarshiligi necha marta o'zgargan?

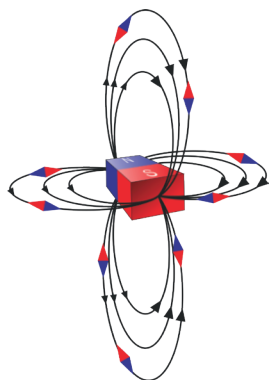
VII BOB

MAGNIT MAYDON

Siz bu bobda quyidagi mavzular bo‘yicha ma’lumotlar olasiz:

- magnit maydon induksiyasi. Tokli o‘tkazgichlarning magnit maydoni;
- magnit maydonning tokli o‘tkazgichga ta’siri;
- tokli o‘tkazgichlarning o‘zaro ta’siri;
- tokli o‘tkazgichni magnit maydonda ko‘chirishda bajarilgan ish;
- magnit maydonda zaryadli zarraning harakati;
- o‘zgarmas tok elektr dvigateli;
- elektromagnit induksiya;
- o‘zinduksiya. Induktivlik;
- tokning magnit maydon energiyasi. Moddalarning magnit xossalari.

47-MAVZU

MAGNIT MAYDON INDUKSIYASI. TOKLI O‘TKAZGICHLARNING MAGNIT MAYDONI

1. Magnit maydon induksiyasi.
2. Tokli to‘g‘ri o‘tkazgichning magnit maydon induksiyasi.
3. Tokli aylana o‘tkazgich markazidagi magnit maydon induksiyasi.
4. Tokli g‘altakning magnit maydon induksiyasi.
5. Tokli toroidning magnit maydon induksiyasi.

Rasmda tasvirlangan qaysi jismlar magnitga tortiladi?

1. Magnit maydon induksiyasi

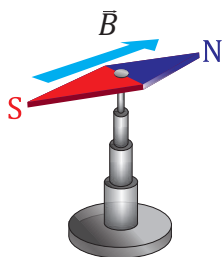
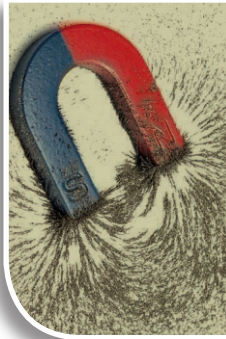
Ma’lumki, doimiy magnitlar va tokli o‘tkazgichlar orasida o‘zaro ta’sir kuchlari mavjud. Magnit maydonga kiritilgan magnitga yoki tokli o‘tkazgichga magnit maydon biror kuch bilan ta’sir qiladi. Magnit maydonga kiritilgan magnit strelkalari biror yo‘nalish bo‘yicha joylashadi (7.1-rasm).

Magnit maydoni magnit maydon induksiyasi va magnit oqimi kabi fizik kattaliklar bilan tavsiflanadi.

7.1-rasm

Magnit oqimi bilan keyingi mavzularda tanishamiz.

Magnit induksiyasi vektor kattalik bo‘lib, magnit maydonning kuch xarakteristikasi hisoblanadi.

Magnit maydoniga kiritilgan 1 A tok kuchiga ega bo‘lgan 1 m uzunlikdagi to‘g‘ri o‘tkazgichga maydon tomonidan ta’sir qiluvchi maksimal kuchga son jihatdan teng bo‘lgan kattalik *magnit induksiyasi* deyiladi.

Magnit maydon induksiya vektori $\vec{B}$ harfi bilan belgilanadi. Induksiya vektorining yo‘nalishini magnit maydonga kiritilgan va erkin harakatlanadigan magnit strelkasining joylashishidan foydalanib aniqlash mumkin.

7.2-rasm

Magnit induksiya vektorining yo‘nalishi sifatida magnit maydoniga kiritilgan erkin harakatlana oladigan magnit strelkasi shimoliy qutbining ko‘rsatish yo‘nalishi qabul qilingan (7.2 rasm).

Doimiy magnit maydonning induksiya chiziqlari magnitning shimoliy qutbi (N)dan chiquvchi, janubiy qutbi (S)ga esa kiruvchi yo‘nalishda bo‘ladi (7.3 *a*-rasm).

Magnit maydonning ixtiyoriy nuqtasida induksiya vektori maydon kuch chiziqlariga urinma yo‘nalishida bo‘ladi (7.3 *b*-rasm).

Magnit maydon induksiyasining XBSdagi birligi uchun serbiyalik fizik Nikola Tesla sharafiga Tesla (T) qabul qilingan.

Agar magnit maydonning barcha nuqtalarida induksiya vektori o'zgarmas bir xil yo'nalishga va bir xil qiymatga ega bo'lsa, bunday magnit maydonga bir jinsli magnit maydon deyiladi.

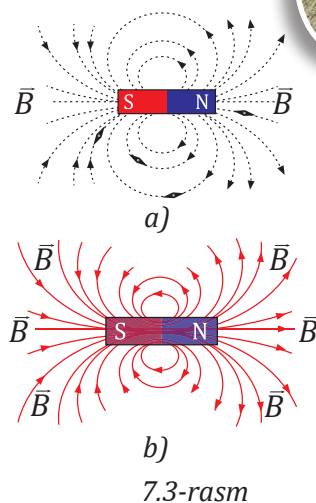
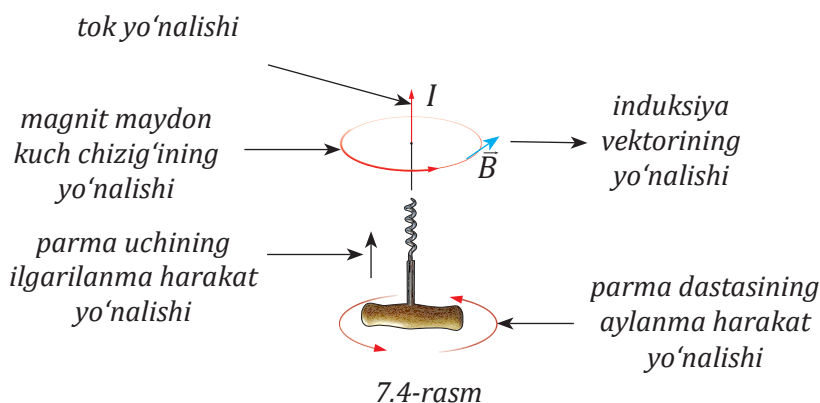
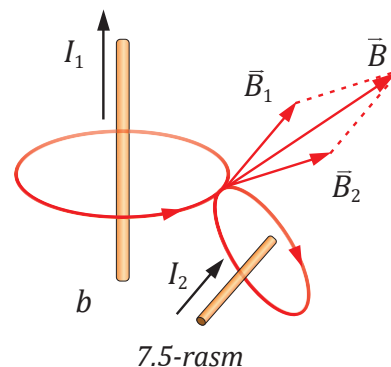
7.3-rasm

2. Tokli to'g'ri o'tkazgichning magnit maydon induksiyasi

Tokli to'g'ri o'tkazgichning magnit maydon kuch chiziqlarining yo'nalishi o'ng vintli parma qoidasidan foydalanib aniqlanadi.

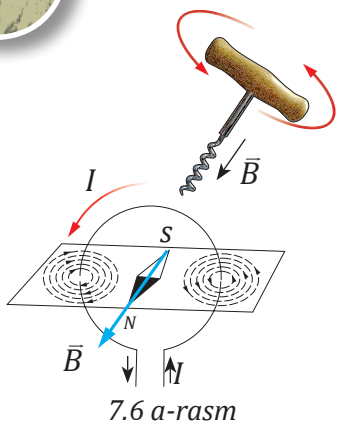
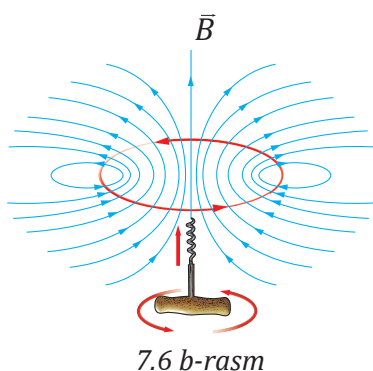
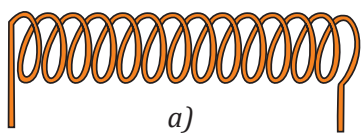
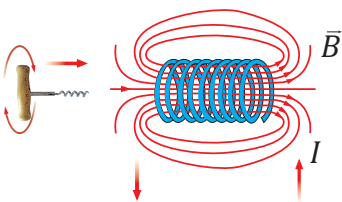
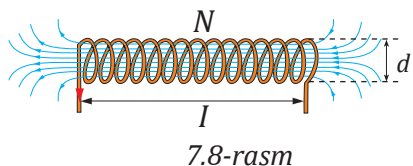
To'g'ri tok hosil qilgan magnit induksiyasi vektori ($\vec{B}$) ning yo'nalishi aylanadan iborat bo'lgan kuch chiziqlariga urinma bo'ylab yo'nalgan bo'ladi (7.4-rasm). Cheksiz uzun tokli to'g'ri o'tkazgichdan *d* uzoqlikda joylashgan nuqtada magnit induksiyasining son qiymati o'tkazgichdagi tok kuchiga to'g'ri, masofaga teskari proporsional bo'lib, quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{d} \quad (1)$$

Bunda μ_0 – skalyar kattalik bo'lib, ***vakuumning magnit doimiysi*** deyiladi, uning son qiymati $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N/A^2 ga teng.

Agar parma uchining ilgarilanma harakati tok yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa, parma dastasining aylanish yo'nalishi magnit induksiya chiziqlarining yo'nalishini ko'rsatadi (7.4-rasm).

7.4-rasm

7.5-rasm

Ko'p hollarda magnit maydonni bitta o'tkazgich emas, balki ikki yoki undan ko'p tokli o'tkazgichlar sistemasi hosil qiladi (7.5-rasm). Bunday hollarda fazoning biror nuqtasidagi natijaviy maydon induksiyasi har bir tokli o'tkazgichning shu nuqtadagi magnit maydon induksiyalari vektor yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \ldots + \vec{B}_n \quad (2)$$

Bu xulosaga magnit maydon uchun ***superpozitsiya prinsipi*** deyiladi. Demak, magnit maydon superpozitsiya prinsipi xuddi elektr maydon superpozitsiya prinsipi kabi bo'ladi.

3. Tokli aylana o‘tkazgich markazidagi magnit maydon induksiyasi

Tokli aylana o‘tkazgich magnit maydonning kuch chiziqlari o‘tkazgich atrofini o‘rab oluvchi yopiq chiziqlardan iborat bo‘ladi. Aylana markazidan o‘tuvchi kuch chiziqlarining yo‘nalishi parma qoidasi yordamida aniqlanadi. Parma dastasining aylanish yo‘nalishi o‘tkazgichdagi tok yo‘nalishi bilan bir xil bo‘lsa, parma uchining ilgarilanma harakat yo‘nalishi induksiya vektorining yo‘nalishini ko‘rsatadi (7.6 *a*, *b*-rasmlar).

7.6 a-rasm

Tokli aylana o‘tkazgichning markazidagi magnit maydon induksiyasining son qiymati quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2R} \qquad (3)$$

Bu yerda: R – aylana o‘tkazgichning radiusi, I – tok kuchi.

7.6 b-rasm

4. Tokli g‘altakning magnit maydon induksiyasi

O‘tkazgichni spiral shaklida o‘rab, g‘altak hosil qilaylik (7.7 *a*-rasm). G‘altakdan tok o‘tganda uning har bir o‘rami magnit maydon hosil qiladi. G‘altakning o‘ramlari ko‘p bo‘lganligi sababli g‘altak ichidagi natijaviy magnit maydon yakkalangan bitta o‘tkazgich hosil qilgan magnit maydondan bir necha barobar kuchli bo‘ladi.

Tokli g‘altak magnit maydonining kuch chiziqlari g‘altakning ichki qismida parallel to‘g‘ri chiziqlardan iborat bo‘ladi. Kuch chiziqlarining yo‘nalishini o‘ng vintli parma qoidasi asosida aniqlash mumkin.

Agar parma dastasining aylanish yo‘nalishi g‘altakdagi tok yo‘nalishi bilan bir xil bo‘lsa, parma uchining ilgarilanma harakat yo‘nalishi kuch chizig‘ining, ya’ni induksiya vektorining yo‘nalishini ko‘rsatadi (7.7 *b*-rasm).

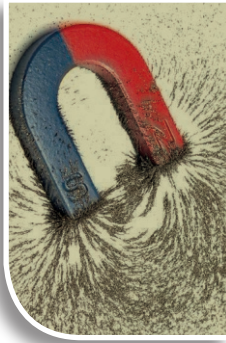
a)

b)

7.7-rasm

G‘altakning uzunligi l ga, o‘ramlari soni N ga teng bo‘lib, diametri d uzunligidan ko‘p marta kichik bo‘lsin ($d << l$) (7.8-rasm). U holda tokli g‘altak ichida hosil bo‘lgan magnit maydonni bir jinsli magnit maydon deb qarash mumkin. G‘altak markazida magnit maydon induksiyasining son qiymati quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$B = \mu_0 \frac{IN}{l} \qquad (4)$$

7.8-rasm

5. Tokli toroidning magnit maydon induksiyasi

Halqasimon o‘zakka o‘ralgan spiral o‘tkazgichdan tashkil topgan tizim *toroid* deb ataladi (7.9-rasm).

Toroidga tok berilganda uning ichida va undan tashqarida magnit maydoni hosil bo‘ladi. Toroid ichida magnit kuch chiziqlari markazi bir nuqtada bo‘lgan o‘zaro parallel aylanalardan iborat bo‘ladi. Toroid ichida magnit maydon induksiyasining son qiymati quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi R} \qquad (5)$$

Bu yerda: N – o‘ramlar soni, I – tok kuchi, R – toroidning radiusi.

Masala yechish namunasi

O'ramlar soni 2000 ta, o'qining radiusi 15 cm bo'lgan toroiddan o'tayotgan tokning kuchi 3 A bo'lsa, toroid o'qida yotgan nuqtalardagi magnit induksiyasining son qiymatini toping.

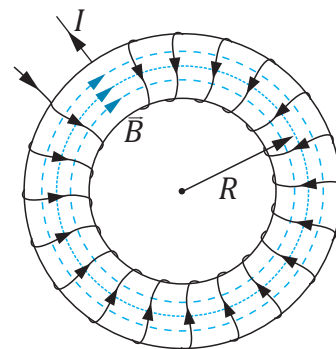
Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
N=2000 R = 0,15 m I = 3 A $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T·m/A B = ?	$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi R}$	$B = \frac{2000 \cdot 3\,\text{A} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}\,\text{T} \cdot \text{m/A}}{2\pi \cdot 0{,}15\,\text{m}} = 8 \cdot 10^{-3}\,\text{T}$ **Javob:** $B = 8 \cdot 10^{-3}$ T.

34-mashq

1. Havoda joylashgan cheksiz uzun o'tkazgichdan 14 A tok o'tayotgan bo'lsa, o'tkazgichdan 10 cm uzoqlikdagi masofada joylashgan nuqtada magnit maydon induksiyasining son qiymatini hisoblang.

2. Agar radiusi 6,28 cm bo'lgan aylana shaklidagi tokli o'tkazgichning markazida hosil bo'lgan magnit maydonning induksiyasi $1{,}4 \cdot 10^{-4}$ T ga teng bo'lsa, o'tkazgichdan o'tayotgan tokning kuchini toping.

3. Induksiya vektorining son qiymati 3 mT bo'lgan va janubdan shimolga tomon yo'nalgan magnit maydon bilan, induksiya vektori 4 mT bo'lgan hamda g'arbdan sharqqa tomon yo'nalgan magnit maydon fazoning biror sohasida qo'shiladi. Natijaviy magnit maydon induksiya vektorining kattaligi va yo'nalishini aniqlang.

4. Radiusi 5 cm bo'lgan aylana o'tkazgichdan 2 A tok o'tmoqda. Shu o'ram markazidagi nuqtada hosil bo'lgan magnit maydon induksiyasi vektorining son qiymatini toping.

7.9-rasm

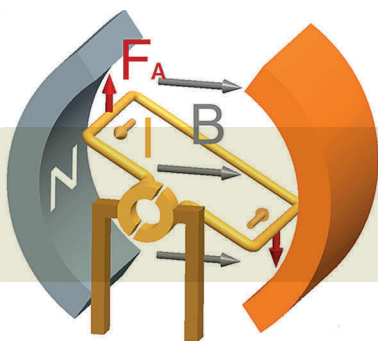
1. Magnit maydon induksiyasi deganda nimani tushunasiz va u qanday birlikda o'lchanadi?

2. To'g'ri va taqasimon magnitlarning magnit maydon kuch chiziqlari qanday shaklga ega?

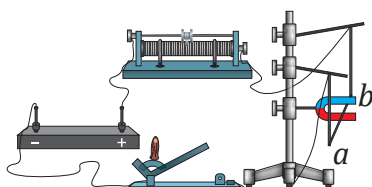
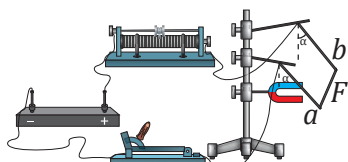
3. Tok yo'nalishi bir xil va qarama-qarshi bo'lgan parallel to'g'ri cheksiz uzun o'tkazgichlar hosil qilgan magnit maydon kuch chiziqlarini chizmada tasvirlang.

4. Sizga biri doimiy magnit, ikkinchisi aynan shu o'lchamga ega bo'lgan temir bo'lagi berilgan. Faqat berilgan jismlardan foydalanib ulardan qaysi biri magnit va qaysi biri temir ekanligini qanday aniqlash mumkin?

48-MAVZU MAGNIT MAYDONNING TOKLI O‘TKAZGICHGA TA’SIRI

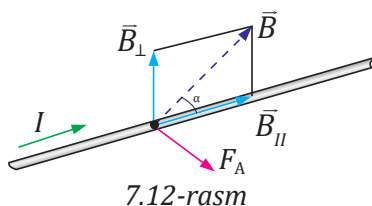
1. Amper kuchi.
2. Chap qo‘l qoidasi.
3. Bir jinsli magnit maydonida tokli ramkani aylantiruvchi moment.
4. Elektr o‘lchash asboblari.

Qanday kuch magnit maydonda joylashgan tokli ramkani harakatga keltiradi?

1. Amper kuchi

Magnit maydonning tokli o‘tkazgichga ta’sirini 1820-yilda Amper tajribada aniqlagan.

7.10-rasm

Tajribani kuzatish uchun shtativga erkin osilgan *ab* to‘g‘ri o‘tkazgich taqasimon magnitning o‘rtasiga joylashtiriladi. Ulash simlaridan foydalanib *ab* o‘tkazgich kalit orqali tok manbaiga ulanib, yopiq zanjir hosil qilinadi. Bunda o‘tkazgichning magnit maydonda joylashgan qismi uzunligi Δl ga teng bo‘lsin. Zanjir uzuq bo‘lganda *ab* o‘tkazgich osilgan sim vertikal vaziyatda bo‘ladi (7.10-rasm). Zanjirdagi kalit ulanganda o‘tkazgich harakatga keladi va u magnitdan qochadi (7.11-rasm). O‘tkazgichdan tok o‘tganda unga magnit tomonidan *F* kuch ta’sir qiladi. O‘tkazgich osilgan sim vertikaldan biror α burchakka og‘adi. Agar magnitning qutblari almashtirib o‘rnatilsa, o‘tkazgichga ta’sir qiluvchi kuch o‘zining yo‘nalishini o‘zgartiradi, natijada o‘tkazgich taqasimon magnitga tortiladi. Agar magnitning vaziyatini o‘zgartirmasdan o‘tkazgichdagi tok yo‘nalishi o‘zgartirilsa, bu holda ham o‘tkazgichga ta’sir qilayotgan kuchining yo‘nalishi qarama-qarshi tomonga o‘zgaradi.

7.11-rasm

Magnit maydon tomonidan shu maydonda joylashgan tokli o‘tkazgich qismiga ta’sir qiluvchi kuch (F) tok kuchi (I) ga, o‘tkazgich uzunligi (Δl) ga, magnit induksiyasi (B) ga va tok yo‘nalishi bilan induksiya vektori yo‘nalishi orasidagi burchak α ning sinus qiymatiga to‘g‘ri proporsional (7.12-rasm).

7.12-rasm

$$F = I \cdot B \cdot \Delta l \sin\alpha \qquad (1)$$

Bu ifoda bilan aniqlanadigan kuchga Amper kuchi deyiladi.

(1) ifoda bir jinsli magnit maydon uchun o‘rinlidir, ya’ni o‘tkazgichning barcha nuqtalarida induksiya vektorining son qiymati va yo‘nalishi bir xil bo‘lgan hol uchun o‘rinli. Agar induksiya vektori tok yo‘nalishiga nisbatan tik ($\alpha = 90°$) joylashgan bo‘lsa, tokli o‘tkazgichga ta’sir qiluvchi Amper kuchi eng katta qiymatiga erishadi, ya’ni

$F_{max} = I\Delta lB$ bo'ladi. Bu holda magnit induksiyasi uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

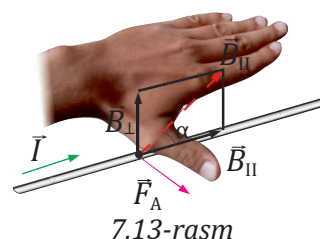
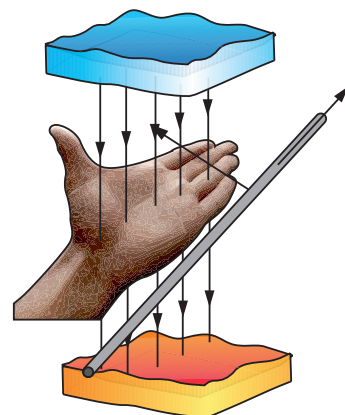
$$B = \frac{F_{max}}{I \cdot l} \qquad (2)$$

Bu ifodaga ko'ra, magnit induksiyasining fizik ma'nosini ta'riflashimiz mumkin: magnit induksiyasi bir jinsli magnit maydon kuch chiziqlariga perpendikulyar joylashgan, uzunligi 1 m va o'tayotgan tok kuchi 1 A bo'lgan to'g'ri o'tkazgichga magnit maydon tomonidan ta'sir qiluvchi kuchga son jihatidan teng bo'lgan kattalikdir.

$$[B] = \frac{1\,\text{N}}{1\,\text{A} \cdot 1\,\text{m}} = 1\,\text{T} \quad \text{(Tesla)}.$$

2. Chap qo'l qoidasi

Magnit maydon tomonidan tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuchning yo'nalishini chap qo'l qoidasidan foydalanib aniqlash mumkin (7.13-rasm).

Magnit maydonga chap qo'limizni shunday joylashtiramizki, bunda qo'limizning kaftiga magnit maydon kuch chiziqlari kirsin. Yoyilgan to'rt barmoq uchining yo'nalishi o'tkazgichdagi tok yo'nalishi bilan mos tushsa, 90° ga ochilgan bosh barmoq o'tkazgichga ta'sir qilayotgan Amper kuchining yo'nalishini ko'rsatadi.

7.13-rasm

3. Bir jinsli magnit maydonda tokli ramkani aylantiruvchi moment

Agar magnit maydonga tokli ramka kiritilsa, uning biror burchakka og'ishini kuzatishimiz mumkin (7.14-rasm). Nima uchun tokli ramka magnit maydonda buriladi?

To'g'ri to'rtburchak shaklidagi ramka hosil qilgan yuzasi magnit maydon kuch chiziqlariga parallel holatda joylashgan bo'lsin. Ramkaning uzunligi l bo'lgan AB va DC tomonlaridan ($l = AB = DC$) oqayotgan tok kuchi I ga teng bo'lsa (7.14 a-rasm), shu qismlarga bir jinsli magnit maydon tomonidan ta'sir qiluvchi Amper kuchining qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

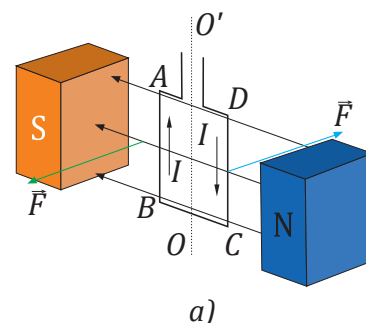
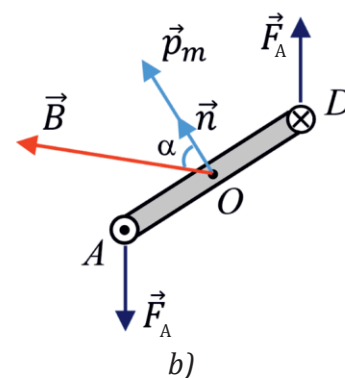
$$F_A = I \cdot B \cdot l. \qquad (3)$$

a)

Bu kuchning yo'nalishi chap qo'l qoidasi yordamida aniqlanadi. AB va DC qismlarga ta'sir qiluvchi kuchlarning modullari teng bo'lib, qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'ladi. Shu bois tokli ramkaga magnit maydoni tomonidan juft kuch ta'sir qiladi. Juft kuchlar ta'sirida tokli ramka buriladi. Bu juft kuchlar ramkaning OO' aylanish o'qiga nisbatan aylantiruvchi momentlarni hosil qiladi.

b)

7.14-rasm

7.14 *a*-rasmdan ko'rinadiki, ramka tekisligi magnit induksiya vektoriga parallel bo'lganda ramkaning AB va DC qismlariga ta'sir qilayotgan kuchlarning yelkasi $d/2$ ga teng (d=AD=BC). Agar ramka

biror burchakka burilsa, kuchlarning yelkasi o'zgaradi. Kuch yelkasining o'zgarishini aniqlash uchun ramka tekisligiga tik joylashgan normal ($\vec{n}$) vektorini o'tkazamiz (7.14 *b*-rasm, ramkaning ustki qismidan ko'rinadigan proyeksiyasi). $\vec{n}$ vektori bilan induksiya $\vec{B}$ vektori orasidagi burchak α ga teng bo'lsin. Bu holda juft kuchlarning yelkasi $d/2 \cdot \sin\alpha$ ga teng bo'ladi. Ramkani aylantiruvchi kuch momentlari esa quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$M_1 = M_2 = F_A \cdot \frac{d}{2} \cdot \sin\alpha \quad (4)$$

Ramkani aylantiruvchi to'la moment M_1 va M_2 momentlar yig'indisiga teng bo'ladi:

$$M = M_1 + M_2 = F_A \cdot d \cdot \sin\alpha = IBl \cdot d \cdot \sin\alpha \quad (5)$$

Ramkaning yuzasi $S = l \cdot d$ ekanligini inobatga olsak,

$$M = I \cdot S \cdot B \cdot \sin\alpha \quad (6)$$

Agar $\alpha = \pi/2$ bo'lsa, magnit maydon induksiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$B = \frac{M_{max}}{IS} \quad (7)$$

7.15-rasm

Ramkadagi tok kuchining ramka hosil qilgan yuzaga ko'paytmasi tokli ramkaning magnit momenti ($\vec{p}_m$) deb ataladi:

$$p_m = I \cdot S. \quad (8)$$

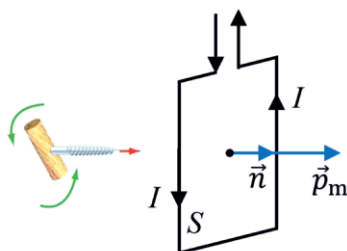
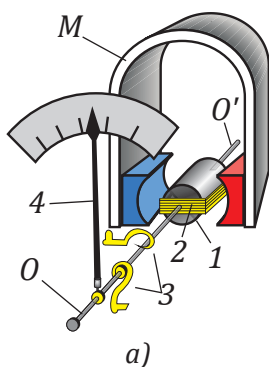
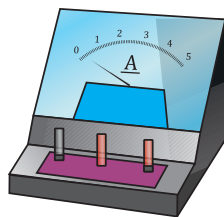
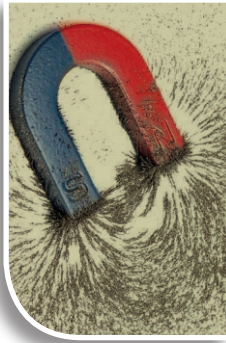
Tokli ramkaning magnit momenti vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishini o'ng vintli parma qoidasi asosida topish mumkin. Parma dastasining aylanma harakat yo'nalishi ramkadagi tok yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa, parma uchining ilgarilanma harakat yo'nalishi tokli ramkaning magnit momenti yo'nalishini ko'rsatadi (7.15-rasm). Ramka tekisligiga o'tkazilgan normal vektor ($\vec{n}$)ning yo'nalishi ramkaning magnit momenti $\vec{p}_m$ vektorining yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi (7.15-rasm). Tokli ramkaning magnit momenti XBSda $[p_m] = A \cdot m^2$ da o'lchanadi.

4. Elektr o'lchash asboblari

a)

b)

7.16-rasm

Ko'pgina elektr asboblarining ishlashi tokli o'tkazgich bilan doimiy magnitning o'zaro ta'sirlashishiga asoslangan. Mana shunday elektr o'lchov asboblaridan birining tuzilishi 7.16 a-rasmda keltirilgan. Kuchli magnit (M) qutblari orasiga temir o'zak (1) mahkamlangan bo'lib, uning ustiga simli ramka (2) kiydirilgan. Simli ramka *OO'* o'qqa biriktirilgan. Shu bilan birga, *OO'* o'qqa metall prujinalar (3) va strelka (4) mahkamlangan. Bu esa simli ramka bir vaqtning o'zida strelka va prujinalarni bir butunligicha *OO'* o'q atrofida aylanma harakatga keltirish imkonini beradi. Simli ramkaga elektr toki prujinalar orqali beriladi. Bu prujinalar ramkaga tok berilmagan paytda

strelkani shkalaning nolinchi holatida ushlab turadi. Asbob elektr zanjiriga ulanganda simli ramkadan tok o'tadi va magnit maydon ta'sirida buriladi. Ramkaning burilishi va strelkaning og'ishi prujinaning elastiklik kuchi va Amper kuchlari tenglashgunga qadar davom etadi. Asbob elektr zanjiriga ketma-ket ulanganda zanjirdan va asbobning g'altagidan o'tuvchi tok kuchlari o'zaro teng bo'lganligidan strelkaning burilish burchagi tok kuchiga proporsional bo'ladi. Bu holda asbob ampermetr sifatida ishlatiladi (7.16 *b*-rasm).

Hozirgi kunda raqamli signallar bilan ishlaydigan elektr o'lchash asboblaridan keng foydalaniladi. Ular yarimo'tkazgichli *p-n* o'tishlarga asoslangan mikrosxemalar vositasida analog signallarini raqamli signallarga aylantirish prinsipi asosida ishlaydi. Bunday asboblar ko'p funksionalli bo'lib, bitta qurilmaning o'zi o'zgaruvchan va o'zgarmas tokning kuchi, kuchlanishi, iste'molchida ajralayotgan tokning quvvati, elektr qarshilik, elektr sig'imi, chastota kabi kattaliklarni o'lchash imkoniyatiga ega. Ular multimetrlar deb ham ataladi. 7.17-rasmda shunday qurilmalardan birining tashqi ko'rinishi keltirilgan.

7.17-rasm

?

1. Nima uchun bir jinsli magnit maydonga kiritilgan tokli to'g'ri o'tkazgich ilgarilanma, tokli ramka esa aylanma harakatga keladi?

2. Bir jinsli magnit maydonga kiritilgan tokli ramkaga ta'sir qiluvchi kuch qanday aniqlanadi?

3. Nima sababdan magnit maydonga kiritilgan tokli ramkaga aylantiruvchi moment ta'sir qiladi?

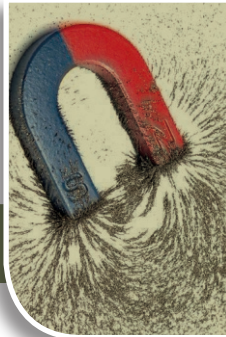
4. Tokli ramkaga ta'sir qiluvchi juft kuchlar momentini avtomobil ruli misolida tushuntiring.

5. Magnit maydonning tokli ramkaga ta'siri asosida ishlaydigan qurilmalarga misollar keltiring.

Masala yechish namunasi

Yuzasi 20 cm², o'ramlar soni 100 ta bo'lgan simli ramka magnit maydonga joylashtirilgan. Ramkadan 2 A tok o'tganda unda 0,5 mN·m maksimal aylantiruvchi moment hosil bo'ladi. Magnit maydonning induksiyasini aniqlang.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$S = 20\ \text{cm}^2 = 20\cdot10^{-4}\ \text{m}^2$ $N = 100$ ta $I = 2$ A $M_{max} = 0,5\cdot10^{-3}\ \text{N}\cdot\text{m}$	$M_{max} = N\cdot I\cdot B\cdot S$ $B = \frac{M_{max}}{N\cdot I\cdot S}$	$B = \frac{0,5\cdot10^{-3}\ \text{N}\cdot\text{m}}{100\cdot2\ \text{A}\cdot2\cdot10^{-3}\ \text{m}^2} = 1,25\cdot10^{-3}\ \text{T} = 1,25\ \text{mT}$ **Javob:** B = 1,25 mT.
$B = ?$		

35-mashq

1. Bir jinsli magnit maydon kuch chiziqlariga nisbatan 30° burchak ostida joylashgan, uzunligi 25 cm bo‘lgan to‘g‘ri o‘tkazgichga maydon tomonidan 3 N kuch ta’sir qiladi. Agar o‘tkazgichdagi tok kuchi 30 A bo‘lsa, magnit maydon induksiyasining son qiymatini toping. Masalaning chizmasini chizing va vektor kattaliklarning yo‘nalishlarini ko‘rsating.

2. Bir jinsli magnit maydonida turgan yuzi 1 cm^2 bo‘lgan ramkaga ta’sir qiluvchi maksimal aylantiruvchi moment 2 μN·m ga teng. Ramkadan o‘tayotgan tok kuchi 0,5 A ga teng. Magnit maydon induksiyasining son qiymatini toping.

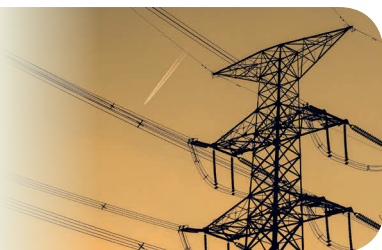
3. Bir jinsli magnit maydonga joylashtirilgan 0,4 m uzunlikdagi to‘g‘ri tokli o‘tkazgichga $9 \cdot 10^{-2}$ N Amper kuchi ta’sir qiladi. Agar o‘tkazgichdagi tok kuchi 10 A, maydon induksiyasi $7{,}6 \cdot 10^{-2}$ T bo‘lsa, tok yo‘nalishi va magnit maydon induksiya vektori yo‘nalishi orasidagi burchakni aniqlang.

4. Induksiyasi $2 \cdot 10^{-2}$ T bo‘lgan bir jinsli magnit maydon kuch chiziqlariga perpendikulyar joylashgan 0,5 m uzunlikdagi tokli o‘tkazgichga maydon tomonidan 0,15 N kuch ta’sir qilayotgan bo‘lsa, undan oqayotgan tok kuchini toping.

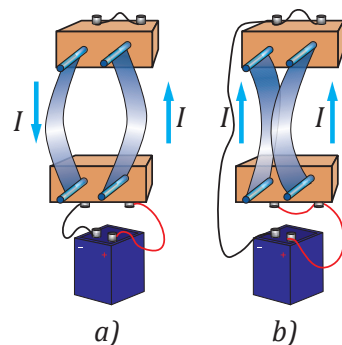
TOKLI O‘TKAZGICHLARNING O‘ZARO TA’SIRI

49-MAVZU

1. Tokli to‘g‘ri parallel o‘tkazgichlarning ta’sirlashuvi.
2. Parallel toklarning o‘zaro ta’sir kuchi.

Elektr energiyasini uzatish liniyalaridagi o‘tkazgich simlari o‘rtasida o‘zaro ta’sir kuchlari mavjudmi?
Agar mavjud bo‘lsa, bular qanday kuchlar va bu ta’sirlashuv qanday xarakterga ega?

1. Tokli to‘g‘ri parallel o‘tkazgichlarning ta’sirlashuvi

Xuddi elektr zaryadlari kabi tokli o‘tkazgichlar orasida ham o‘zaro ta’sir kuchlari mavjud bo‘ladi. Lekin elektrostatik kuchlar bilan magnit ta’sir kuchlari tabiatan bir-biridan farq qiladi. Buni amalda kuzatish uchun ikki elastik o‘tkazgich olib, ularni vertikal holatda tayanchga mahkamlaymiz.

Agar o‘tkazgichlarning yuqori qismini sim orqali ulasak, o‘tkazgichlardan qarama-qarshi yo‘nalishda tok oqadi (7.18 *a*-rasm). Natijada o‘tkazgichlar bir-biridan itarilib, orasidagi masofa ortadi. Agar o‘tkazgichlardan bir xil yo‘nalishda tok oqishini ta’minlasak, o‘tkazgichlar bir-biriga tortiladi (7.18 *b*-rasm).

7.18-rasm

2. Parallel toklarning o‘zaro ta’sir kuchi

Amper qonunidan foydalanib, vakuumdagi cheksiz uzun parallel tokli o‘tkazgichlar orasida hosil bo‘ladigan o‘zaro ta’sir kuchining yo‘nalishi va son qiymatining kattaligini aniqlaylik.

Bir-biridan d masofada joylashgan, ikkita parallel to‘g‘ri o‘tkazgichlardan bir xil yo‘nalishda I_1 va I_2 tok o‘tayotgan bo‘lsin (7.19-rasm).

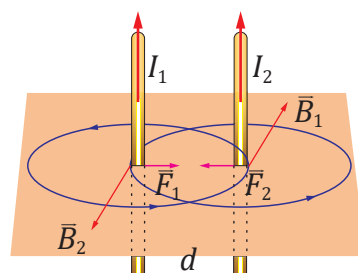
O‘tkazgichlardan o‘tayotgan I_1 va I_2 toklarning magnit maydon induksiya vektorining chiziqlari konsentrik aylanadan iborat bo‘ladi.

Agar I_1 tok pastdan yuqoriga oqayotgan bo‘lsa, ikkinchi o‘tkazgichda yotgan nuqtalarda $\vec{B}_1$ vektor (parma qoidasiga binoan) bizdan kitob tekisligi tomon yo‘nalgan bo‘ladi. $\vec{B}_1$ vektor o‘tkazgichga nisbatan tik joylashadi. Birinchi tokning magnit maydoni tomonidan ikkinchi tokli o‘tkazgichning Δl uzunlikdagi qismiga ko‘rsatiladigan F_2 ta’sir kuchining yo‘nalishi birinchi o‘tkazgich tomon yo‘nalgan bo‘lib, kattalik jihatidan Amper qonuniga muvofiq quyidagiga teng bo‘ladi:

7.19-rasm

$$F_2 = B_1 \cdot I_2 \cdot \Delta l \qquad (1)$$

Bu formulaga to‘g‘ri tokning magnit induksiyasi $B_1 = \mu_o \dfrac{I_1}{2\pi d}$ ifodasini qo‘yib (d – o‘tkazgichlar orasidagi masofa), quyidagi formulaga ega bo‘lamiz:

$$F_2 = \mu_o \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l \qquad (2)$$

Demak, cheksiz uzun parallel tokli o'tkazgichlarning birlik uzunligiga ta'sir qilayotgan o'zaro ta'sir kuchi ulardan o'tayotgan tok kuchlarining ko'paytmasiga to'g'ri, orasidagi masofaga esa teskari proporsional ekan. Xuddi shuningdek, ikkinchi tokning magnit maydoni tomonidan birinchi tokli o'tkazgichning Δl uzunlikdagi qismiga ko'rsatiladigan F_1 ta'sir kuchining yo'nalishi ikkinchi o'tkazgich tomon yo'nalgan bo'lib, uning son qiymati (2) ifodaga o'xshash ifoda bilan aniqlanadi:

$$F_1 = \mu_o \frac{I_2 \cdot I_1}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l \qquad (3)$$

Parallel to'g'ri toklarning o'zaro magnit ta'siridan kelib chiqib tok kuchining XBSdagi birligi – amper (A) qabul qilingan.

1 Amperning ta'rifi: cheksiz uzun parallel o'tkazgichlar orasidagi masofa 1 m bo'lganda o'tkazgichlarning har bir metr uzunligi $2 \cdot 10^{-7}$ N kuch bilan o'zaro ta'sirlashsa, bu o'tkazgichlardan o'tayotgan tokning kuchi 1 A ga teng bo'ladi.

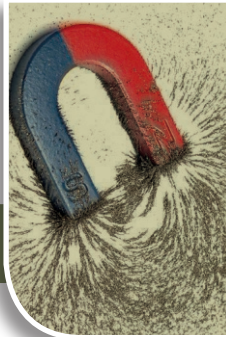
1. Parallel tokli o'tkazgichlar orasida hosil bo'ladigan o'zaro ta'sir kuchining yo'nalishi qanday aniqlanadi?

2. Qarama-qarshi yo'nalishda I_1 va I_2 tok o'tayotgan ikkita parallel o'tkazgichning o'zaro ta'sir kuchini izohlang.

3. Simyog'ochdagi tokli simlar o'zaro ta'sirlashadimi?

Masala yechish namunasi

Orasidagi masofa 1,6 m bo'lgan qo'sh (ikki) simli o'zgarmas elektr toki uzatish liniyasi simlarining har bir metr uzunligiga to'g'ri keluvchi o'zaro ta'sir kuchini toping. O'tkazgichlardan o'tayotgan tok kuchi qiymatini 40 A ga teng deb oling.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
d = 1,6 m $I_1 = I_2$ = 40 A $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N/A² Δl = 1 m F = ?	$F = \mu_o \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$	$F = 4\pi 10^{-7}\,\text{N/A}^2 \cdot \frac{40\ \text{A} \cdot 40\ \text{A}}{2\pi \cdot 1,6\ \text{m}} \cdot 1\ \text{m} = 2 \cdot 10^{-4}\ \text{N}$ **Javob:** $F = 2 \cdot 10^{-4}$ N.

36-mashq

1. Uzunligi 5 m bo'lgan ikkita simli liniyaning parallel simlaridagi tok kuchi 500 A. Toklar qarama-qarshi yo'nalgan. Simlar orasidagi masofa 25 cm bo'lsa, ular o'zaro qanday kuch bilan ta'sirlashadi?

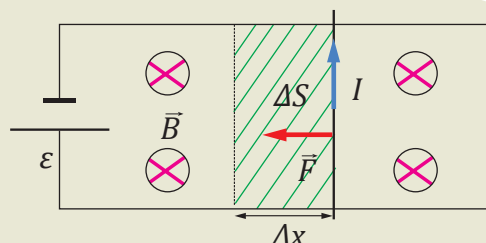
2. Ikkita simli uzatish liniyasining har bir o'tkazgichidan 5 A dan tok o'tadi. Simlar orasidagi masofa 40 cm bo'lsa, har bir simning uzunlik birligiga ta'sir etayotgan kuchni toping.

3. Induksiyasi 0,1 T bo'lgan bir jinsli magnit maydon kuch chiziqlariga tik joylashgan 25 cm uzunlikdagi o'tkazgichga maydonning ta'sir kuchi 0,5 N ga teng. O'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi nimaga teng?

50-MAVZU

TOKLI O‘TKAZGICHNI MAGNIT MAYDONDA KO‘CHIRISHDA BAJARILGAN ISH

1. Magnit maydon oqimi.
2. Tokli to‘g‘ri o‘tkazgichni magnit maydonda ko‘chirishda bajarilgan ish.

Magnit maydonida tokli o‘tkazgich Amper kuchi ta’sirida bir joydan ikkinchi joyga ko‘chganda ish bajariladi. Bu ish qaysi energiya hisobidan amalga oshadi?

Magnit maydonda tokli o‘tkazgichning ko‘chishida bajarilgan ishni aniqlashdan oldin magnit maydon oqimi bilan tanishib chiqaylik.

1. Magnit maydon oqimi

Biror sirtni kesib o‘tayotgan magnit maydon kuch chiziqlarining soni ko‘p yoki kam ekanligini tavsiflash uchun magnit oqimi degan kattalik kiritilgan. Biror sirt orqali o‘tayotgan magnit oqimi magnit maydon induksiya vektori orqali aniqlanadi.

Magnit induksiya qiymatini sirt yuzasiga hamda induksiya vektori yo‘nalishi bilan sirtga o‘tkazilgan normal $\vec{n}$ vektor orasidagi burchak (α)ning kosinus qiymatiga ko‘paytmasiga (7.20 *a*-rasm) teng bo‘lgan kattalik yuzasi S ga teng bo‘lgan sirt orqali o‘tayotgan magnit oqimi deyiladi. Magnit oqimi Φ harfi bilan belgilanadi.

Ta’rifga ko‘ra, magnit oqimi ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha. \qquad (1)$$

Agar magnit maydon induksiya chiziqlari sirtga tik yo‘nalishda bo‘lsa ($\alpha = 0$) (7.20 *b*-rasm), sirtdan o‘tayotgan magnit oqimi quyidagicha bo‘ladi:

$$\Phi = B \cdot S. \qquad (2)$$

7.20-rasm

XBSda magnit oqimi birligi nemis fizigi D. Veber sharafiga Veber (Wb) qabul qilingan. (2) tenglikdan magnit oqimining birligi

1 Wb = 1 T·1 m^2 ga teng bo‘ladi.

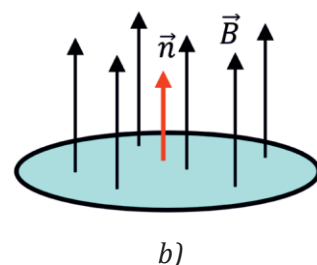
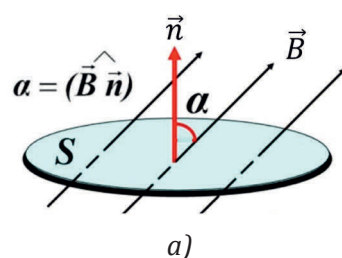
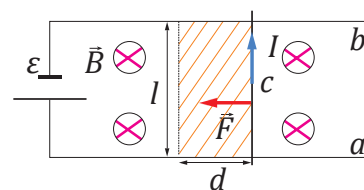
Magnit maydon induksiyasi 1 T ga teng bo‘lgan magnit maydonning induksiya chiziqlariga tik joylashtirilgan 1 m^2 yuzani kesib o‘tayotgan magnit oqimi 1 Wb ga teng.

2. Tokli to‘g‘ri o‘tkazgichni magnit maydonda ko‘chirishda bajarilgan ish

Ikkita parallel *a* va *b* silliq metall simlar bir-biridan *l* uzoqlikda joylashtirilgan bo‘lib, ularning ustiga yengil *c* metall o‘tkazgich qo‘yilgan holni qaraylik (7.21-rasm).

7.21-rasm

O‘tkazgichlar tizimi magnit induksiyasi $\vec{B}$ bo‘lgan bir jinsli maydonga joylashgan. 7.21-rasmdagi (⊗) belgisi magnit maydon induk-

siya vektori bizdan rasm tekisligi tomon tik yoʻnalganligini bildiradi. *a* va *b* oʻtkazgichlar tok manbaiga ulanganda *c* oʻtkazgich orqali tok oʻta boshlaydi. Bunda *l* uzunlikdagi tokli oʻtkazgichga magnit maydoni tomonidan $F=IBl$ ifoda bilan aniqlanadigan Amper kuchi ta'sir qiladi. Tok yoʻnalishi bilan magnit maydon induksiyasi yoʻnalishi orasidagi burchak 90° ekanligini bilgan holda kuchning yoʻnalishi chap qoʻl qoidasiga binoan aniqlanadi. Bu kuch 7.21-rasmga koʻra, chap tomonga yoʻnalgan boʻlib, *c* oʻtkazgichni *d* masofaga siljitganda

$$A = Fd = IBld \qquad (3)$$

ish bajaradi. Bu ifodadagi $l \cdot d$ koʻpaytma oʻtkazgichning harakati davomida chizgan toʻrtburchak shaklidagi yuzaning son qiymatiga teng, ya'ni $\Delta S = l \cdot d$. Harakati davomida oʻtkazgich chizgan shakl yuzasini kesib oʻtgan magnit oqimi $\Delta \Phi = B \cdot \Delta S$ ga tengligidan:

$$A = I \cdot \Delta \Phi \qquad (4)$$

koʻrinishdagi ifodaga ega boʻlamiz. Shuni ta'kidlash joizki, bu ish magnit maydon tomonidan emas, balki zanjirni tok bilan ta'minlab turuvchi manba energiyasi hisobidan bajariladi.

Demak, tokli oʻtkazgichni magnit maydonda koʻchirishda Amper kuchining bajargan ishi oʻtkazgichdan oʻtayotgan tok kuchi va magnit oqimi oʻzgarishining koʻpaytmasiga teng ekan.

Magnit maydonda tokli oʻtkazgichni koʻchirishda bajariladigan ishdan amaliyotda keng foydalaniladi. U transport, maishiy texnika va elektronika sohalarida qoʻllanishi bilan muhim ahamiyatga ega. Bugungi kunda juda keng ishlatilayotgan elektron qulflar bunga misol boʻla oladi.

1. Magnit maydonda tokli oʻtkazgichni koʻchirishda bajarilgan ish qanday hisoblanadi?

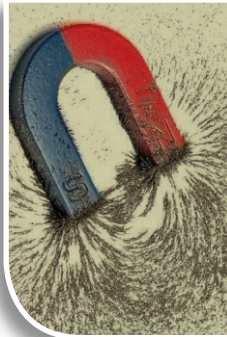
2. Tok yoʻnalishi bilan magnit maydon induksiya vektori bir xil yoʻnalishda boʻlsa, bajarilgan ish nimaga teng boʻladi?

3. Tokli oʻtkazgichni magnit maydonda koʻchirishda ish nimaning hisobiga bajariladi?

Masala yechish namunasi

Uzunligi 30 cm boʻlgan oʻtkazgichdan 2 A tok oʻtmoqda. Oʻtkazgich induksiyasi 1,5 T boʻlgan bir jinsli magnit maydonning induksiya chiziqlariga 30° burchak ostida joylashgan. Oʻtkazgich Amper kuchi yoʻnalishida 4 cm ga koʻchganda qanday ish bajariladi?

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
l = 30 cm = 0,3 m I = 2 A B = 1,5 T α = 30° d = 4 cm = $4 \cdot 10^{-2}$ m A = ?	$A = I \cdot B \cdot l \cdot d \cdot \sin\alpha$	$A = 2\ \text{A} \cdot 1{,}5\ \text{T} \cdot 0{,}3\ \text{m} \cdot 4 \cdot 10^{-2}\ \text{m} \cdot 1/2 = 18 \cdot 10^{-3}$ J. **Javob:** A = 18 mJ.

37-mashq

1. Magnit induksiyasi 0,5 T bo‘lgan bir jinsli magnit maydonning kuch chiziqlariga 60° burchak ostida joylashgan 25 cm^2 yuzaga ega bo‘lgan ramka orqali o‘tuvchi magnit induksiya oqimini toping.

2. Yuzi 25 cm^2 bo‘lgan sim ramka bir jinsli magnit maydonda aylantirilganda ramkani kesib o‘tuvchi magnit oqimi $\Phi = 5 \cdot 10^{-4} cos(2\pi t)$ (Wb) qonun bo‘yicha o‘zgaradi. Magnit maydon induksiyasining son qiymatini toping.

3. Uzunligi 20 cm bo‘lgan to‘g‘ri o‘tkazgich induksiyasi 0,1 T bo‘lgan bir jinsli magnit maydonda 5 m/s tezlik bilan ko‘chirildi. Agar o‘tkazgich harakati yo‘nalishi bilan magnit kuch chiziqlari yo‘nalishi orasidagi burchak 90°, o‘tkazgichdagi tok kuchi 50 A bo‘lsa, magnit kuchining quvvati qancha bo‘ladi?

4. Induksiyasi 0,5 T bo‘lgan bir jinsli magnit maydonda 10 cm uzunlikdagi to‘g‘ri o‘tkazgich tekis harakat qilmoqda, undan oqayotgan tok kuchi 2 A ga teng. O‘tkazgich magnit maydonga perpendikulyar yo‘nalishda 2 m /s tezlik bilan harakatlanmoqda. O‘tkazgichning 10 s davomida siljishi uchun bajarilgan ish va bunday siljish uchun sarflangan quvvatni aniqlang.

5. 0,1 m uzunlikdagi to‘g‘ri o‘tkazgichdan 12 A tok o‘tmoqda. Bu o‘tkazgich induksiyasi 0,4 T bo‘lgan bir jinsli magnit maydonga induksiya chiziqlariga 30° burchak ostida joylashtirildi. O‘tkazgichni Amper kuchi yo‘nalishida 0,02 m masofaga ko‘chirishda bajarilgan ish nimaga teng bo‘ladi?

51-MAVZU

MAGNIT MAYDONDA ZARYADLI ZARRANING HARAKATI

1. Lorens kuchi.
2. Bir jinsli magnit maydonida zaryadli zarraning harakati.

Qutb yog‘dusi qanday paydo bo‘ladi? Nima sababdan qutb yog‘dusi faqat qutbda kuzatiladi?

1. Lorens kuchi

Magnit maydonga kiritilgan tokli o‘tkazgichga magnit maydon tomonidan ta’sir qiluvchi Amper kuchini, o‘tkazgichda tartibli harakatlanib tok hosil qilayotgan har bir zaryadli zarraga magnit maydon tomonidan ta’sir qilayotgan kuchlarning yig‘indisidan iborat deb qarash mumkin. Uzunligi l bo‘lgan tokli o‘tkazgichda tartibli harakatlanayotgan barcha zaryadli zarralar soni N ga teng bo‘lsa, magnit maydonda harakat qilayotgan bitta zarraga ta’sir qiluvchi kuch

$$F = F_A/\mathrm{N} = (I{\cdot}B{\cdot}l{\cdot}sin\alpha)/N \qquad (1)$$

bo‘ladi. O‘tkazgichdan o‘tayotgan tok kuchining erkin elektronlar konsentratsiyasini n orqali ifodalaymiz:

$$I = e{\cdot}n{\cdot}\upsilon{\cdot}S \;\text{ va }\; N = n{\cdot}S{\cdot}l, \qquad (2)$$

bunda e – elektron zaryadining moduli, υ – elektronlarning tartibli harakat tezligi, S – o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzi. Ushbu ifodalarni (1) tenglikka qo‘ysak, bitta elektronga ta’sir qilayotgan kuchning ifodasi quyidagicha bo‘ladi:

$$F = e\upsilon B{\cdot}sin\alpha \qquad (3)$$

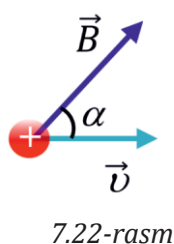
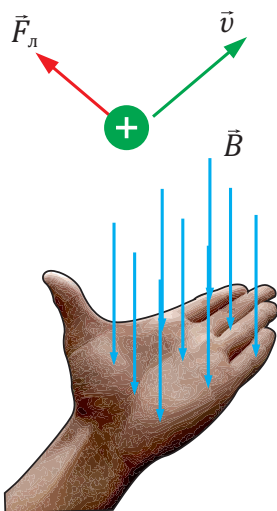
(3) tenglikni magnit maydonda joylashgan o‘tkazgichga ta’sir qilayotgan Amper kuchining ifodasidan foydalangan holda keltirib chiqardik. Bu ifoda induksiyasi B ga teng bo‘lgan bir jinsli magnit maydonida υ tezlik bilan harakatlanayotgan zaryadi q ga teng bo‘lgan ixtiyoriy zaryadlangan zarra uchun o‘rinlidir. Magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadli zarraga shu maydon tomonidan ta’sir etuvchi kuch ***Lorens kuchi*** deyiladi va u quyidagicha ta’riflanadi:

7.22-rasm

7.23-rasm

Bir jinsli magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadli zarraga ta’sir etuvchi kuch F_L zarraning zaryadi q ga, uning harakat tezligi υ ga, magnit maydon induksiyasi B ga hamda tezlik vektori bilan magnit maydon induksiya vektorlari orasidagi burchak sinusi ko‘paytmasiga teng bo‘ladi (7.22-rasm).

$$F_L = q\upsilon Bsin\alpha \qquad (4)$$

Lorens kuchining yo‘nalishi chap qo‘l qoidasi yordamida aniqlanadi (7.23-rasm). **Agar chap qo‘lning kaftiga magnit induksiyasi vektori tik tushsa va yoyilgan ko‘rsatkich barmoqlar yo‘nalishi musbat zaryad harakatining yo‘nalishi bilan bir xil bo‘lsa, u holda 90° ga ochilgan bosh barmoq Lorens kuchining yo‘nalishini ko‘rsatadi.**

7.24-rasmda koʻrsatilgan magnit maydonga uchib kirayotgan protonga taʼsir qilayotgan Lorens kuchi chap qoʻl qoidasiga koʻra, oʻng tomonga, elektronga taʼsir qilayotgan Lorens kuchi esa chap tomonga yoʻnalgan boʻladi. Maydondagi elektron (manfiy zaryad)-ning harakatini aniqlashda toʻrtta barmogʻimizni elektronning harakat yoʻnalishiga qarama-qarshi holatda joylaymiz. Bunda elektronga taʼsir qiluvchi Lorens kuchi chap tomonga yoʻnalgan boʻladi (7.24-rasm). Agar zaryadli zarra magnit induksiya chiziqlari boʻylab harakatlansa ($\alpha = 0$ boʻlganda), unga magnit maydon tomonidan hech qanday kuch taʼsir qilmaydi.

2. Bir jinsli magnit maydonida zaryadli zarraning harakati

Endi zaryadli zarraning harakatiga Lorens kuchining taʼsirini qarab chiqamiz. Zarra bir jinsli magnit maydon kuch chiziqlariga tik yoʻnalishda uchib kirayotgan boʻlsin (7.25-rasm). U holda zarra tezligi yoʻnalishi bilan induksiya chiziqlari orasidagi burchak 90° ga teng boʻlib, zarraga taʼsir qiluvchi Lorens kuchi maksimal boʻladi $F_L = q\upsilon B$.

7.24-rasm

Lorens kuchi magnit maydonda harakatlanayotgan zarraning harakat yoʻnalishiga perpendikulyar yoʻnalganligi uchun u markazga intilma kuch vazifasini bajaradi. Natijada zaryadli zarraning harakat yoʻnalishi uzluksiz oʻzgarib, harakat trayektoriyasi uzluksiz egrilanadi va aylanadan iborat boʻladi. Lorens kuchi ish bajarmaganligi uchun aylana boʻylab harakatda yuzaga kelgan markazdan qochma kuchning son qiymati Lorens kuchiga teng boʻladi, yaʼni:

$$\frac{m\upsilon^2}{R} = q\upsilon B \quad (5)$$

Bir jinsli magnit maydondagi zaryadli zarraning harakat trayektoriyasi aylanadan iborat boʻlib, uning radiusini quyidagi ifoda orqali aniqlaymiz:

$$R = \frac{m\upsilon}{qB} \quad (6)$$

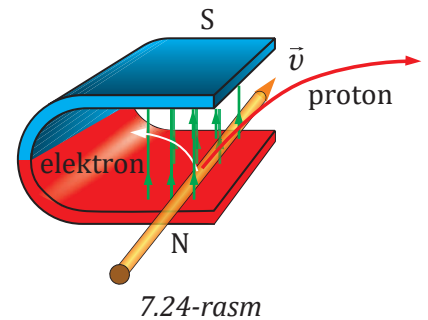
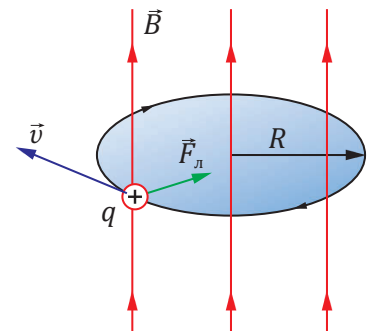
7.25-rasm

Zarraning aylanani toʻliq bir marta aylanishi uchun ketgan vaqti, yaʼni aylanish davrini aniqlaylik. Buning uchun zarra bir marta toʻliq aylangandagi yoʻl (aylana uzunligi $2\pi \cdot R$)ni zarraning tezligi (υ)ga boʻlamiz:

$$T = \frac{2\pi R}{\upsilon} \quad (7),$$

(6) va (7) ifodalardan foydalanib aylanish davri quyidagicha boʻladi:

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \quad (8)$$

Magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadli zarra trayektoriyasining egrilanishi hodisasidan amaliyotda foydalaniladi. Vakuumda magnit va elektr maydon taʼsirida harakatlanayotgan zaryadli zarralarni massalari boʻyicha tarkibiy qismlarga ajratuvchi asbob mass-spektrometr deb ataladi. Mass-spektrometrlar kimyoviy elementlarning izotoplarini aniqlashda, moddalarni kimyoviy tahlil qilishda qoʻllanadi.

1. Lorens kuchining yo'nalishini chap qo'l qoidasi asosida tushuntiring.

2. Bir jinsli magnit maydonida zaryadlangan zarrani aylana bo'ylab tekis harakatlantiruvchi kuchni izohlang.

3. Zaryadli zarra magnit maydonga qanday yo'nalishda kirganda unga Lorens kuchi ta'sir qilmaydi?

4. Lorens kuchi asosida ishlovchi qanday qurilmalarni bilasiz?

5. Agar zaryadli zarra bir jinsli magnit maydonga kuch chiziqlariga o'tkir burchak ostida uchib kirsa, uning harakat trayektoriyasi qanday bo'ladi?

Masala yechish namunasi

Elektron magnit maydon induksiyasi 12 mT bo'lgan maydon induksiya chiziqlariga tik uchib kirib, 4 cm radiusli aylana bo'ylab harakatni davom ettirgan bo'lsa, u qanday tezlik bilan maydonga uchib kirgan?

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$B = 12\text{ mT} = 12\cdot10^{-3}\text{ T}$ $q = 1,6\cdot10^{-19}\text{ C}$ $R = 4\text{ cm} = 4\cdot10^{-2}\text{ m}$ $\alpha = 90°$ $m = 9,1\cdot10^{-31}\text{ kg}$ $\upsilon = ?$	$F_L = q\upsilon B\sin\alpha$ $F_{mi} = \frac{m\upsilon^2}{R}$ $F_L = F_{mi}$; $\upsilon = \frac{q\cdot B\cdot R}{m}$	$\upsilon = \frac{1,6\cdot10^{-19}\text{ C}\cdot12\cdot10^{-3}\text{ T}\cdot4\cdot10^{-2}\, m}{9,1\cdot10^{-31}\text{ kg}} = 8,4\cdot10^{7}\text{ m/s}$ **Javob:** $\upsilon = 8,4\cdot10^{7}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

38-mashq

1. 1000 V tezlashtiruvchi potensiallar farqini o'tgan elektron bir jinsli magnit maydonga induksiya kuch chiziqlariga perpendikulyar yo'nalishda uchib kiradi. Agar magnit induksiyasi 10^{-3} T ga teng bo'lsa, elektron harakatlanayotgan aylana trayektoriyasining radiusi qanday bo'ladi?

2. Magnit induksiyasi 1 T bo'lgan siklotronda protonlar 5 MeV energiyaga ega bo'lishi uchun ular qanday radiusli trayektoriya bo'yicha harakatlanishi kerak? Protonning massasi $1,67\cdot10^{-27}$ kg ga teng, 1 eV = $1,6\cdot10^{-19}$ J deb oling.

3. Zaryadli zarra 10^6 m/s tezlik bilan bir jinsli magnit maydonda aylana bo'ylab harakatlanadi. Magnit maydon induksiyasi 0,3 T, aylananing radiusi 4 cm. Zarraning kinetik energiyasi 12 keV ga teng bo'lishi uchun uning zaryadi qanday bo'lishi kerak?

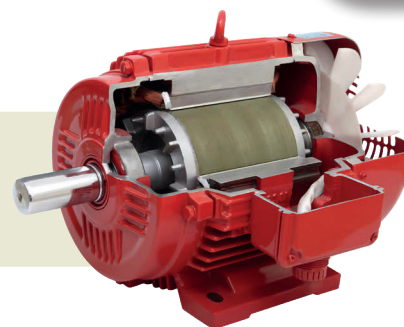
4. Elektron bir jinsli magnit maydonga induksiya chiziqlariga perpendikulyar yo'nalishda uchib kiradi. Elektronning tezligi $4\cdot10^6$ m/s. Magnit maydon induksiyasi 10^{-3} T. Elektronning markazga intilma tezlanishini toping.

5. Induksiyasi 0,2 T bo'lgan bir jinsli magnit maydonining kuch chiziqlariga perpendikulyar yo'nalishda 10 Mm/s tezlik bilan harakatlanayotgan protonga qanday markazdan qochma kuch ta'sir qilishini toping.

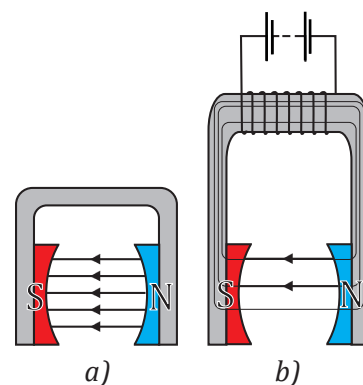
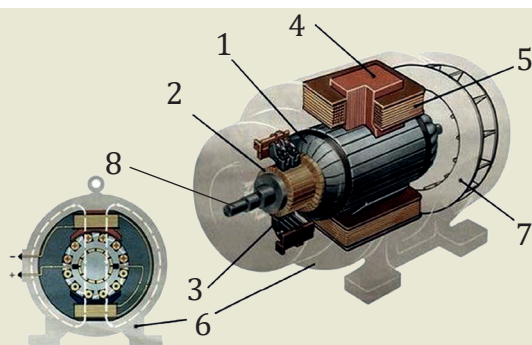
O‘ZGARMAS TOK ELEKTR DVIGATELI

52-MAVZU

1. Elektr dvigatelning tuzilishi.
2. Elektr dvigatelning ishlash prinsipi.

Elektr dvigatelning valini aylanma harakatga keltiruvchi sababni tushuntiring.

1. Elektr dvigatelning tuzilishi

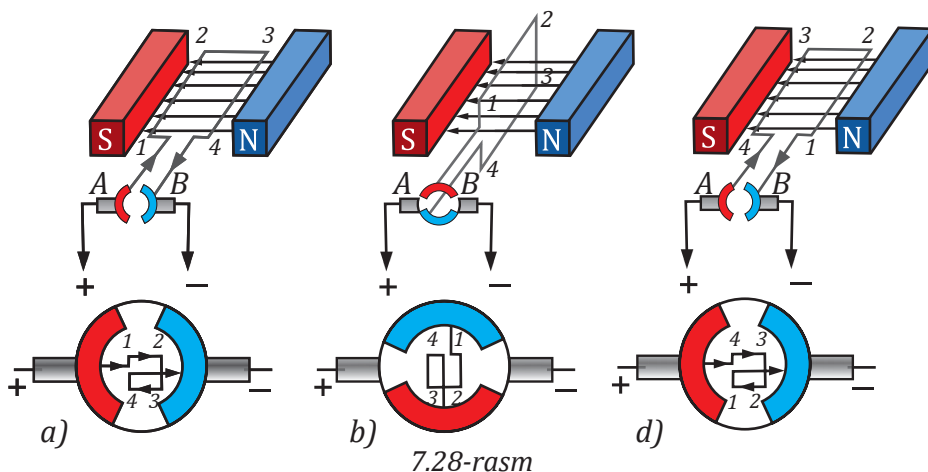
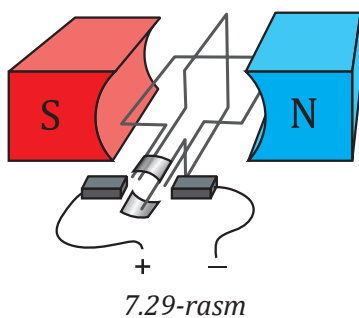
O‘zgarmas tok elektr dvigateli ikki asosiy qism – stator va rotordan iborat qurilma bo‘lib, o‘zgarmas tok elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradi.

Stator lotinchadan olingan so‘z bo‘lib, *qo‘zg‘almas* degan ma’noni bildiradi. Stator doimiy magnitdan (7.26 *a*-rasm) yoki elektromagnitdan (7.26 *b*-rasm) iborat bo‘lib, u dvigatel korpusiga mahkamlangan bo‘ladi. *Rotor* lotinchadan olingan so‘z bo‘lib, *aylantirmoq* degan ma’noni anglatadi. Rotor dvigatelning aylanuvchi qismlarini tashkil etadi. Rotorning asosiy qismi bir yoki bir nechta g‘altakli ramka, ya’ni yakordan (1) (7.27-rasm) va kollektordan (2) iborat. Yakor chulg‘amidagi simlarning uchlari kollektor halqalariga ulanadi. Kollektor yakor bilan birgalikda aylanadi. Kollektor halqalari tashqarisiga qo‘zg‘almas qilib ikkita ko‘mir cho‘tka (3) mahkamlangan. Ular maxsus prujinalar yordamida kollektor halqalariga zich qilib siqib qo‘yiladi. Zanjirdagi elektr toki shu cho‘tkalar orqali kollektor halqalariga o‘tadi.

7.26-rasm

7.27-rasm

1. Yakor (temir o‘zakli ramkalar).
2. Kollektor.
3. Cho‘tkalar.
4. Elektromagnit qutbining o‘zagi.
5. Elektromagnit qutbining chulg‘amlari.
6. Stator.
7. Ventilyator.
8. Val.

2. Elektr dvigatelning ishlash prinsipi

Qulaylik uchun bitta ramkali rotordan iborat bo‘lgan eng oddiy dvigatelning ishlash prinsipini ko‘rib chiqaylik (7.28-rasm). Dvigatelning kollektori ikkita yarim halqadan iborat bo‘lib, ularga A va B

cho'tkalar taqalib turadi. Cho'tkalarga tok manbaining ikki qutbidan keluvchi simlar ulangan. Tok manbaidan kelayotgan tok cho'tka, kollektor hamda ramkadan A-1-2-3-4-B yo'nalishda o'tadi (7.28 *a*-rasm). Magnit maydon ta'sirida ramka magnit kuch chiziqlariga perpendikulyar joylashishga harakat qiladi. Ramka tekisligi magnit kuch chiziqlariga perpendikulyar bo'lganda A va B cho'tkalar kollektor halqalariga tegmay qoladi va ramkadan tok o'tmaydi (7.28 *b*-rasm). Lekin ramka o'z inersiyasi bilan aylanishni davom ettirib, magnit kuch chiziqlariga parallel joylashib qoladi (7.28 *d*-rasm). Bunda cho'tkalar kollektor halqalariga tegib qoladi va ramkadan A-4-3- 2-1-B yo'nalishda tok o'tadi. Magnit maydon ta'sirida ramka yana perpendikulyar holatga kelib qolishga harakat qiladi. Shu tariqa jarayon davom etib, ramka uzluksiz aylanadi.

7.28-rasm

7.29-rasm

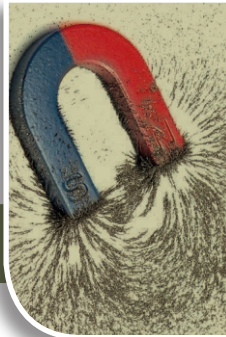
Amalda bitta ramkali rotordan iborat bo'lgan dvigatellar qo'llanmaydi. Chunki ularda ramkaning aylanishi bir tekis bo'lmaydi va rotor o'qini (valni) aylantirishga ramkaning kuchi yetmaydi. 7.29-rasmda ikkita ramkali elektrdvigatelning tuzilishi tasvirlangan. Bunda ramkalar bir-biriga perpendikulyar qilib bitta o'qqa mahkamlanadi. Kollektorning qoplamalari ikkita emas, to'rtta bo'ladi. Ikkita ramkali rotorda magnit kuch chiziqlariga parallel joylashgan birinchi ramkadan tok o'tganda magnit maydon ta'sirida u perpendikulyar vaziyatda bo'lishga harakat qiladi va ramkaning tekis harakatini ta'minlaydi.

1. O'zgarmas tok elektr dvigatelida energiya bir turdan boshqa turga aylanishini tushuntiring.

2. Elektr dvigatelining tuzilishini tushuntirib bering.

3. Elektr dvigatelining ishlash prinsipini aytib bering.

4. Elektr dvigatel qanday afzalliklarga ega?

5. Elektr dvigatelining qo'llanishi haqida nimalarni bilasiz?

Masala yechish namunalari

1. Ikki parallel cheksiz uzun to'g'ri o'tkazgich vakuumda bir-biridan 40 cm masofada joylashgan. Agar ularning biridan 12 A, ikkinchisidan esa 18 A tok o'tayotgan bo'lsa, simlarning uzunlik birligiga ta'sir qiluvchi kuch F/l ni toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$I_1 = 12$ A $I_2 = 18$ A $d_0 = 0{,}4$ m $\mu_0 = 4\cdot\pi\cdot10^{-7}$ N/A²	$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d_0} l$	$\frac{F}{l} = \frac{4\pi\cdot10^{-7}\,\mathrm{N/A^2}\cdot12\,\mathrm{A}\cdot18\,\mathrm{A}}{2\pi\cdot0{,}4\,\mathrm{m}} = 1{,}08\cdot10^{-4}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$
$F/l = ?$	$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d_0}$	**Javob:** $F/l = 1{,}08\cdot10^{-4}$ N/m.

2. Induksiyasi 0.4 T bo'lgan magnit maydonda kuch chiziqlari yo'nalishiga 45° burchak ostida joylashgan 0,5 m uzunlikdagi o'tkazgichga 0,42 N kuch ta'sir qilsa, o'tkazgichdan o'tayotgan tokning kuchini toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$B = 0{,}4$ T $\alpha = 45°$ $F_A = 0{,}42$ N $l = 0{,}5$ m	$F_A = IBl\sin\alpha$	$I = \frac{0{,}42\,\mathrm{N}}{0{,}4\,\mathrm{T}\cdot0{,}5\,\mathrm{m}\cdot0{,}7} = 2{,}97$ A
$I = ?$	$I = \frac{F_A}{Bl\sin\alpha}$	**Javob:** $I = 2{,}97$ A.

3. Induksiyasi 10^{-3} T bo'lgan bir jinsli magnit maydonda 1,5 cm radiusli aylana bo'ylab magnit kuch chiziqlariga tik yo'nalishda harakatlanayotgan elektronning tezligini toping. Elektronning massasi $9{,}1\cdot10^{-31}$ kg va zaryadining moduli $1{,}6\cdot10^{-19}$ C ga teng.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$B = 1\cdot10^{-3}$ T $m = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg $R = 1{,}5\cdot10^{-2}$ m $\alpha = 90°$ $e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ C	$F_L = e\upsilon B\sin\alpha$ $F_{mq} = \frac{m\upsilon^2}{R}$ $F_L = F_{mq}$	$\upsilon = \frac{1{,}6\cdot10^{-19}\,\mathrm{C}\cdot10^{-3}\,\mathrm{T}\cdot1{,}5\cdot10^{-2}\,\mathrm{m}\cdot1}{9{,}1\cdot10^{-31}\,\mathrm{kg}} = 2{,}64\cdot10^{6}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
$\upsilon = ?$	$\upsilon = \frac{eBR\sin\alpha}{m}$	**Javob:** $\upsilon = 2{,}64\cdot10^6$ m/s.

39-mashq

1. Radiusi 4 cm bo‘lgan sim halqadan 0,8 A tok oqmoqda. Halqa markazidagi magnit induksiyasini aniqlang.

2. Induksiyasi 0,1 T bo‘lgan bir jinsli magnit maydonda induksiya chiziqlariga parallel holatda 10 cm uzunlikdagi 0,5 A tokli to‘g‘ri o‘tkazgich joylashtirilgan. O‘tkazgichga magnit maydonning ta’sir kuchi qanday?

3. Induksiyasi 0,4 T bo‘lgan bir jinsli magnit maydonida uzunligi 0,15 m, tok kuchi 8 A bo‘lgan to‘g‘ri o‘tkazgich maydon kuch chiziqlariga perpendikulyar holatda joylashtirilgan. O‘tkazgichni Amper kuchi yo‘nalishida 0,025 m masofaga ko‘chirishda bajarilgan ishni toping.

4. Agar induksiyasi 0,2 T bo‘lgan bir jinsli magnit maydonida joylashgan yuzi 2 m^2 bo‘lgan sirtdan o‘tayotgan magnit induksiya oqimi 0,2 Wb bo‘lsa, sirtga o‘tkazilgan normal va induksiya vektori orasidagi burchakni hisoblang.

5. Magnit maydon induksiya chiziqlariga perpendikulyar holda 1 km/s tezlik bilan harakatlanayotgan 0,4 C zaryadli zarraga 4 N teng bo‘lgan Lorens kuchi ta’sir etadi. Magnit maydon induksiyasini toping.

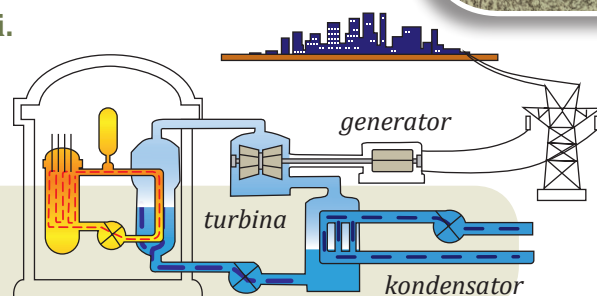
6. Induksiyasi 4 T bo‘lgan bir jinsli magnit maydonda 10^7 m/s tezlik bilan induksiya chiziqlariga perpendikulyar yo‘nalishda uchib kirgan elektronga ta’sir etuvchi kuchning moduli qanday?

7. Induksiyasi 0,167 T bo‘lgan bir jinsli magnit maydonda proton radiusi 10 cm bo‘lgan aylana bo‘ylab harakatlansa, uning tezligi qanday? Protonning massasini $1{,}67\cdot10^{-27}$ kg ga teng deb oling.

8. Proton induksiyasi 40 mT bo‘lgan bir jinsli magnit maydon kuch chiziqlariga tik holda $2\cdot10^6$ m/s tezlik bilan uchib kirganda u qanday radiusli aylana chizadi? Protonning massasini $1{,}67\cdot10^{-27}$ kg ga teng deb oling.

9. Bir jinsli magnit maydon kuch chiziqlariga tik yo‘nalishda uchib kirgan elektronning aylanish davri $20\cdot10^{-12}$ s bo‘lsa, magnit maydon induksiyasini aniqlang. Elektronning massasini $9{,}1\cdot10^{-31}$ kg ga teng deb oling.

1. **Elektromagnit induksiya hodisasi.**
2. **Induksion elektr yurituvchi kuch. Faradey qonuni.**

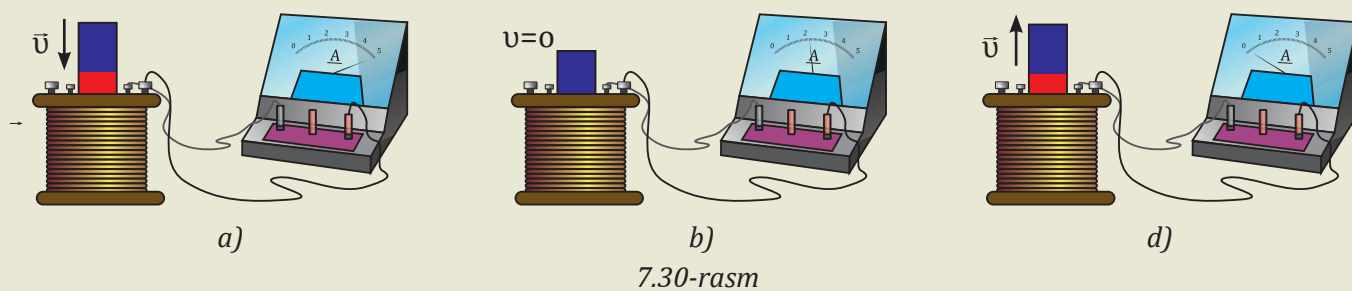
Elektr energiyasi qanday hosil qilinadi?

1. Elektromagnit induksiya hodisasi

1820-yili daniyalik olim G. Ersted tokning magnit ta'sirini kashf qilgach, ingliz olimi Maykl Faradey magnit maydon orqali elektr tokini hosil qilishni o'ziga maqsad qildi. U bu masala ustida 10 yildan ortiq ishlab, 1831-yili niyatiga erishdi.

M. Faradey g'altak va galvanometrni ketma-ket ulab, berk zanjir hosil qildi (7.30-rasm). G'altak ichiga doimiy magnit kiritilayotganda galvanometr strelkasining og'ishi kuzatiladi. Bunda g'altakda tok hosil bo'ladi (7.30 *a*-rasm). Agar magnitni harakatlantirmay, g'altak ichida tinch tutib turilsa, galvanometr strelkasi nolni ko'rsatadi, ya'ni g'altakda tok yo'qolgani kuzatiladi (7.30 *b*-rasm). Magnit g'altak ichidan chiqarib olinayotganda esa yana g'altakda tok hosil bo'lgani kuzatiladi. Bunda galvanometr strelkasi teskari tomonga og'adi (7.30 *d*-rasm). Agar magnit tinch holda bo'lib, g'altak harakatga keltirilsa ham, shu hodisani kuzatamiz.

a)

b)

d)

7.30-rasm

Faradey o'zi amalga oshirgan tajriba natijalarini tahlil qilib, quyidagi xulosaga keldi: berk konturda induksion tok faqat o'tkazgich konturi bilan chegaralangan sirt orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimi o'zgarganda yuzaga keladi, ya'ni magnit oqimi o'zgarib turgan vaqt davomidagina mavjud bo'ladi. Bu xulosa *elektromagnit induksiya qonuni* deb ham yuritiladi.

2. Induksion elektr yurituvchi kuch. Faradey qonuni

Ma'lumki, elektr zanjirida tok uzoq vaqt mavjud bo'lib turishi uchun zanjirning biror qismida elektr yurituvchi kuch (EYK) manbai bo'lishi kerak. Konturda doimiy ravishda magnit oqimining o'zgarib

turishi natijasida hosil boʻlgan EYK unda induksion tokni vujudga keltiruvchi tashqi manba vazifasini bajaradi. Induksion tokni hosil qiluvchi EYK induksion elektr yurituvchi kuch deyiladi. Yopiq konturda hosil boʻlgan induksion elektr yurituvchi kuch son qiymati jihatidan shu konturni kesib oʻtgan magnit oqimining oʻzgarishiga teng va ishorasi jihatidan qarama-qarshidir:

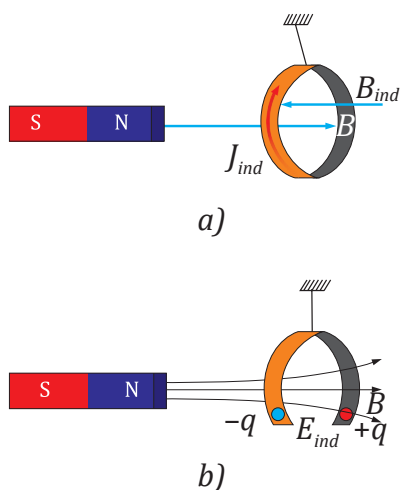
$$\varepsilon_i = -\Delta\Phi/\Delta t. \qquad (1)$$

Bunga *elektromagnit induksiya qonuni* yoki *Faradey–Maksvell qonuni* deyiladi.

(1) ifodadagi (–) ishora konturda vujudga keladigan induksion tokning yoʻnalishi bilan bogʻliq boʻlib, u Lens qoidasiga koʻra tushuntiriladi.

XBSda induksion elektr yurituvchi kuchning birligi uchun volt (V) qabul qilingan.

Agar kontur N ta oʻramdan iborat boʻlsa, konturda hosil boʻladigan induksion EYK quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

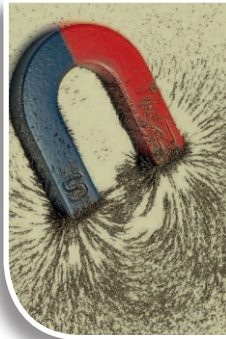
$$\varepsilon_i = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \qquad (2)$$

7.31-rasm

Rus olimi X. Lens induksion tokning yoʻnalishini aniqlash maqsadida quyidagi tajribani oʻtkazdi. U biri butun va ikkinchisi kesik boʻlgan yengil alyuminiy halqalarni ipga bogʻlab, tayanchga osadi (7.31-rasm). Agar magnit butun halqaga yaqinlashtirilsa, unda induksion tok hosil boʻladi. Ayni paytda bu tok halqa ichida oʻzining magnit maydonini hosil qiladi. Hosil boʻlgan magnit maydon esa magnitning halqaga yaqinlashishiga qarshilik koʻrsatadi va undan qochadi (7.31 *a*-rasm). Agar magnitni halqadan uzoqlashtira boshlasak, halqa magnitga tortilib, unga ergashadi. Magnit kesik halqaga yaqinlashtirilganda yoki undan uzoqlashtirilganda magnitning halqaga taʼsiri kuzatilmaydi. Bunga sabab kontur berk boʻlmaganligi uchun halqada induksion tok yuzaga kelmasligidir (7.31 *b*-rasm). Tajriba natijalariga koʻra Lens induksion tok yoʻnalishini aniqlash qoidasini topdi. Bu qoida uning sharafiga *Lens qoidasi* deb ataladi va quyidagicha taʼriflanadi: berk konturda hosil boʻlgan induksion tok shunday yoʻnalishga ega boʻladiki, u oʻzining magnit maydoni bilan shu tokni hosil qilayotgan tashqi magnit oqimining oʻzgarishiga qarshilik koʻrsatadi.

1. Elektromagnit induksiya hodisasining mohiyatini tushuntiring.

2. Nima uchun kesik halqaga magnit yaqinlashtirilganda ular oʻzaro taʼsirlashmaydi?

3. Lens qoidasining mohiyatini tushuntiring.

4. Elektromagnit induksiya hodisasidan amaliyotda qanday foydalaniladi?

Masala yechish namunasi

O‘tkazgich halqa orqali o‘tgan magnit oqimi 0,2 s davomida 5 mWb ga o‘zgargan. Halqa 0,25 Ω elektr qarshiligiga ega bo‘lsa, halqada hosil bo‘lgan induksion tokni toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$\Delta t = 0{,}2$ s $\Delta\Phi = 5$ mWb $= 5\cdot10^{-3}$ Wb $R = 0{,}25\ \Omega$ $I = ?$	$\varepsilon_i = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $I = \dfrac{\varepsilon_i}{R} = \dfrac{\Delta\Phi}{R\cdot\Delta t}$	$I = \dfrac{5\cdot10^{-3}\ \text{Wb}}{0{,}25\cdot0{,}2\ \text{s}} = 0{,}1\ \text{A}$ **Javob:** $I = 0{,}1$ A.

40-mashq

1. 100 ta o‘ramdan tashkil topgan solenoidda magnit oqimi 0,005 s davomida $5\cdot10^{-3}$ dan $2{,}5\cdot10^{-3}$ Wb gacha bir tekisda o‘zgargan. Solenoidda hosil bo‘lgan induksion EYKni toping.

2. O‘tkazgich konturi bilan chegaralangan sirt yuzasini kesib o‘tadigan magnit oqimi bir tekis 0,8 Wb ga o‘zgarganda konturdagi induksiyaviy EYK 1,6 V ga teng bo‘lgan. Magnit oqimining o‘zgarish vaqtini toping. O‘tkazgichning qarshiligi 0,32 Ω bo‘lsa, induksion tok kuchi qanday bo‘lgan?

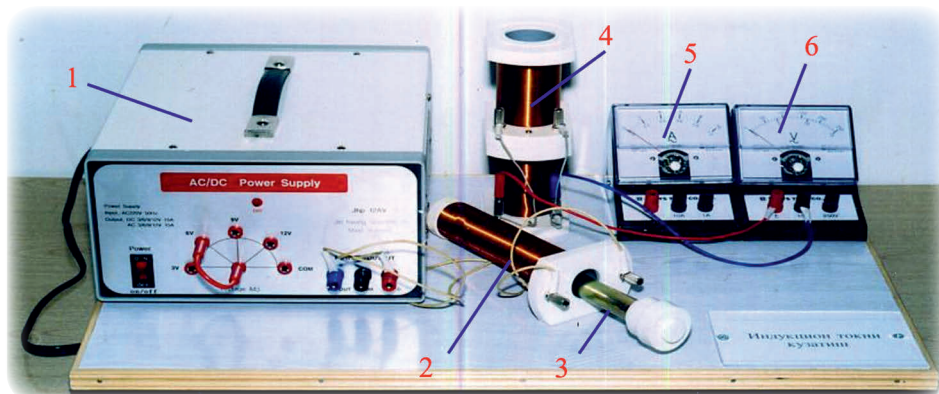
3. 500 ta o‘rami bo‘lgan solenoidda magnit oqimi 5 ms da 7 mWb dan 9 mWb gacha tekis o‘zgardi. Solenoiddagi induksion EYKning kattaligini toping.

4. 2000 ta o‘ramli solenoidda 120 V induksion EYK uyg‘onganda (hosil bo‘lganda) magnit oqimining o‘zgarish tezligini toping.

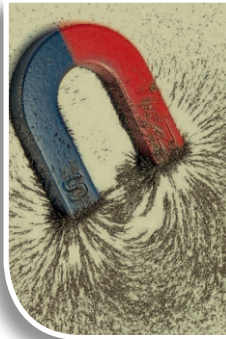
5. Yerdan va bir-biridan izolyatsiyalangan temir yo‘l relslariga millivoltmetr ulangan. Temir yo‘l ustidan 180 km/h tezlik bilan poyezd o‘tib ketayotganida millivolmetr nimani ko‘rsatadi (V)? Yer magnit maydoni induksiyasining vertikal tashkil etuvchisi $B = 0{,}2\cdot10^{-4}$ T, relslar orasidagi masofa 1 m.

55-MAVZU

AMALIY MASHG‘ULOT

ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA HODISASINI O‘RGANISH

Ishning maqsadi: induksiya toki va induksiya elektr yurituvchi kuchi hosil bo‘lishini kuzatish, induksiya tokining magnit oqimiga bog‘liqligini o‘rganish.

Kerakli asbob va jihozlar: o‘zgaruvchan tok manbai, o‘zgaruvchan tok ampermetri va voltmetri, ko‘ndalang kesim yuzi turli xil bo‘lgan g‘altaklar, temir o‘zak va ulash simlari.

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Qurilmaning umumiy ko‘rinishi mazkur mavzudagi 1-rasmda tasvirlangan. Qurilma o‘zgaruvchan tok manbai (1), g‘altaklar (2 va 4), temir o‘zak (3), o‘zgaruvchan tok ampermetri (5) va voltmetri (6) dan tashkil topgan. G‘altaklar har xil ko‘ndalang kesim yuzasiga ega bo‘lib, biri ikkinchisining ichiga to‘lig‘icha joylashtirilishi mumkin. Ko‘ndalang kesim yuzasi kichik bo‘lgan birinchi g‘altak (2) o‘zgaruvchan tok manbaiga ulash simlari yordamida ketma-ket ulanadi. Ko‘ndalang kesim yuzasi katta bo‘lgan ikkinchi g‘altak (4) esa ampermetr va voltmetrlarga navbat bilan ulanadi. Qurilma o‘zgaruvchan tok elektr tarmog‘iga ulab ishga tushiriladi. Birinchi g‘altak o‘zgaruvchan tok tarmog‘iga ulanganligi sababli g‘altakning atrofida o‘zgaruvchan magnit maydon hosil bo‘ladi. Birinchi g‘altak ikkinchi g‘altak ichiga kiritilsa, ikkinchi g‘altakka ulangan ampermetr (yoki voltmetr) unda induksion tokning (yoki induksion EYKning) yuzaga kelganligini ko‘rsatadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Ko‘ndalang kesim yuzasi kichik bo‘lgan birinchi g‘altakni o‘zgaruvchan tok manbaining qisqichlariga ulang. Bunda birinchi g‘altak ikkinchi g‘altakning ichida joylashtirilmagan bo‘lsin.

2. Ikkinchi g‘altakni ampermetrga ketma-ket ulang. Bunda ampermetr 0 qiymatni ko‘rsatadi.

3. Tok manbaini elektr tarmog‘iga ulang.

4. Tok manbaining tashqi zanjirga beruvchi kuchlanishini 3 V holatiga sozlang.

5. Birinchi g‘altakni ikkinchi g‘altakning ichiga tushiring.

6. Ikkinchi g‘altakda yuzaga kelgan induksion tokning qiymatini ampermetr yordamida qayd eting.

7. Birinchi g‘altak ichiga temir o‘zakni to‘lig‘icha tushirib, ampermetr ko‘rsatishini yana qayd eting.

8. Tok manbaining tashqi zanjirga beruvchi kuchlanishini 6 V holatiga sozlang va tajribani yuqorida bajarilgandek takrorlang.

9. Tok manbaining tashqi zanjirga beruvchi kuchlanishini 9 V va 12 V holatlariga birin-ketin sozlab, tajribani takrorlang.

10. Ikkinchi g‘altakni ampermetrdan ajratib, voltmetrga ulang va birinchi g‘altakka berilayotgan kuchlanishning 3 V, 6 V, 9 V va 12 V qiymatlarida g‘altak ichida temir o‘zak bo‘lmagan va bo‘lgan hollar uchun tajribani bajaring. Ikkinchi g‘altakda hosil bo‘layotgan induksion EYKlarning qiymatlarini qayd eting.

11. Olingan natijalar asosida quyidagi jadvalni to‘ldiring.

№	**Temir o‘zaksiz**			**Temir o‘zakli**		
	Birinchi g‘altakka berilgan kuchlanish U, (V)	Ikkinchi g‘altakdagi induksion tok I_i, (A)	Ikkinchi g‘altakdagi induksion EYK $\mathcal{E}$, (V)	Birinchi g‘altakka berilgan kuchlanish U, (V)	Ikkinchi g‘altakdagi induksion tok I_i, (A)	Ikkinchi g‘altakdagi induksion EYK $\mathcal{E}$, (V)
1						
2						
3						

Tajriba natijalariga ko‘ra xulosa chiqaring.

1. Ersted va Faradeyning elektromagnit induksiya hodisasiga doir tajribalarni so‘zlab bering.

2. Induksion tokning hosil bo‘lishini tushuntiring.

3. Elektromagnit induksiya qonunini tushuntirib, uning matematik ifodasini yozing.

56-MAVZU O‘ZINDUKSIYA. INDUKTIVLIK

1. O‘zinduksiya hodisasi.
2. Induktivlik.
3. O‘zinduksiya elektr yurituvchi kuch.

Ba’zi radiolarni elektr tarmog‘idan uzganingizda u chiqarayotgan tovush keskin yo‘qolmaydi, balki asta-sekinlik bilan pasayib boradi. Nega shunday hodisa yuz beradi?

1. O‘zinduksiya hodisasi

Har qanday konturdan o‘tayotgan tok shu kontur bilan chegaralangan sirt yuzasini kesib o‘tuvchi magnit oqimini vujudga keltiradi. Agar konturdan o‘tayotgan tok o‘zgarsa, u hosil qilgan magnit oqimi ham o‘zgaradi. Natijada konturda induksion EYK hosil bo‘ladi. Bu hodisa o‘zinduksiya hodisasi deb ataladi.

O‘zinduksiya hodisasini kuzatish mumkin bo‘lgan elektr zanjiri 7.32 *a*-rasmda keltirilgan. Zanjir ikkita bir xil lampa, *R* qarshilik, ko‘p o‘ramli g‘altak, kalit va o‘zgarmas tok manbaidan iborat. Lampalarning biri ichida temir o‘zagi bo‘lgan g‘altak orqali ikkinchisi R qarshilik orqali tok manbaiga ulangan. Kalit ulanganda g‘altak orqali zanjirga ulangan lampa biroz kechikib, *R* qarshilik orqali ulangan ikkinchi lampa esa kalit ulangan zahotiyoq yonganligini ko‘ramiz (7.32 *b*-rasm). Chunki kalit ulangan zahotiyoq g‘altakdan o‘tayotgan tok kuchi t_1 vaqt ichida noldan I_0 gacha o‘zgaradi (7.32 *c*-rasm). Bu vaqt ichida g‘altakda tok manbai hosil qilgan tokka teskari yo‘nalgan o‘zinduksiya toki yuzaga keladi. Bu birinchi lampaning kechroq yonishiga sabab bo‘ladi.

Xuddi shuningdek, kalit uzilganda ham ikkinchi lampa shu zahoti o‘chib, ammo birinchi lampa sekin xiralashib o‘chadi.

a)

b)

c)
7.32-rasm

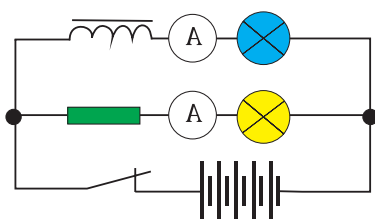
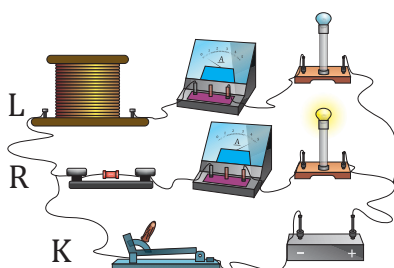
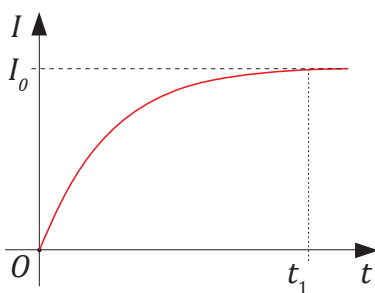
2. Induktivlik

G‘altak ichida hosil bo‘lgan magnit oqimi qanday fizik kattaliklarga bog‘liq bo‘ladi?

Tajriba natijalarini umumlashtirib, quyidagi xulosaga kelamiz: tokli o‘tkazgichning hosil qilgan magnit oqimi undan o‘tayotgan tok kuchiga va g‘altakning xususiyatlariga ham bog‘liq bo‘ladi, ya’ni:

$$\Phi = L \cdot I \qquad (1)$$

bunda *L*–g‘altakning geometrik o‘lchamlariga va g‘altak joylashgan muhitning (g‘altak o‘zagining) magnit xossalariga bog‘liq bo‘lgan proporsionallik koeffitsiyenti bo‘lib, u g‘altakning *induktivligi* deyiladi.

XBSda induktivlik birligi uchun o‘zinduksiya hodisasini birinchi bo‘lib kuzatgan amerikalik olim J. Henri sharafiga genri (Henri) (H) qabul qilingan.

3. O'zinduksiya elektr yurituvchi kuch

(1) ifodaga ko'ra g'altakda hosil bo'lgan o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchning ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$\varepsilon_i = -\Delta\Phi/\Delta t = -L\ \Delta I/\Delta t \qquad (2)$$

Bu ifodadan quyidagi xulosa kelib chiqadi: o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchning kattaligi konturdagi tok kuchining o'zgarish tezligiga ($\Delta I/\Delta t$) to'g'ri proporsional bo'ladi.

(2) tenglikdan induktivlik (yoki o'zinduksiya koeffitsiyenti)ning quyidagi fizik ma'nosi va birligi kelib chiqadi: tok kuchining o'zgarish tezligi 1 A/s bo'lganda konturda bir volt o'zinduksiya EYK yuzaga kelsa, konturning induktivligi 1 *H* ga teng bo'ladi, ya'ni: $1\,\mathrm{H} = \dfrac{1\,\mathrm{V}}{1\,\mathrm{A/s}} = \dfrac{1\,\mathrm{V}\cdot\mathrm{s}}{1\,\mathrm{A}}$

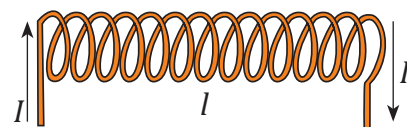
Uzunligi l, ko'ndalang kesim yuzasi S, o'ramlar soni N bo'lgan uzun g'altak yoki solenoidning (7.33-rasm) induktivligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot N^2 \cdot s}{l} \qquad (3)$$

7.33-rasm

Bunda: μ_0 – koeffitsiyent vakuumning magnit doimiysi, μ – solenoid ichidagi muhitning magnit singdiruvchanligi.

O'zinduksiya hodisasini mexanikadagi inersiya hodisasiga o'xshatish mumkin. Inersiya hodisasida jismning massasi qanday ahamiyatga ega bo'lsa, o'zinduksiya hodisasida induktivlik ham shunday ahamiyatga ega. Ya'ni massa qancha katta bo'lsa, jism shuncha inertroq bo'lgani kabi induktivlik qancha katta bo'lsa, zanjirdagi tokning o'zgarishi shuncha sekin (inert) bo'ladi. Yuqorida ko'rib o'tgan (7.32-rasm) misoldagi g'altakka ketma-ket ulangan lampaning yonishi va o'chishining asta-sekin ro'y berish jarayonini, inertroq jismning joyidan sekin qo'zg'alishi va uning to'xtashi birdaniga amalga oshmasligi bilan taqqoslash mumkin.

?

1. O'zinduksiya hodisasining mohiyatini tushuntirib bering.

2. O'zinduksiya hodisasi kuzatiladigan elektr zanjirini chizib, uni tushuntiring.

3. Induktivlik qanday fizik kattalik, uning fizik ma'nosini aytib bering.

4. O'zinduksiya toki qanday yo'nalishda bo'ladi?

5. O'zinduksiya hodisasiga misollar keltiring.

Masala yechish namunasi

G‘altakdagi tok 0,2 s davomida noldan 3 A gacha tekis o‘zgarganda 1,5 V o‘zinduksiya EYK hosil bo‘lsa, g‘altakning induktivligi qanchaga teng?

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$\Delta t = 0{,}2$ s $\Delta I = 3$ A $\varepsilon_i = 1{,}5$ V	$\varepsilon_i = -L\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$	$L = \dfrac{1{,}5\,\text{V} \cdot 0{,}2\,\text{s}}{3\,\text{A}} = 0{,}1\,\text{H}$
$L = ?$	$L = \dfrac{\varepsilon_i \cdot \Delta t}{\Delta I}$	**Javob:** $L = 0{,}1$ H.

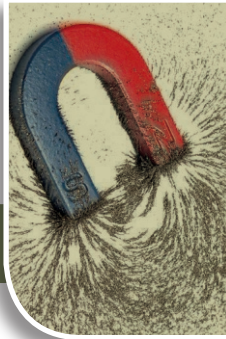
41-mashq

1. Induktivligi 0,8 H va ko‘ndalang kesim yuzi 200 cm^2 bo‘lgan g‘altak orqali 2 A tok o‘tmoqda. Agar g‘altak 50 ta o‘ramdan tashkil topgan bo‘lsa, uning ichidagi magnit maydon induksiyasi qanday?

2. G‘altakdan o‘tayotgan tokni 0,1 s davomida noldan 5 A gacha bir tekisda orttirganimizda 50 V o‘zinduksiya EYK hosil bo‘ladi. G‘altakning induktivligini toping.

3. Induktivligi 0,12 H bo‘lgan g‘altakda 6 V o‘zinduksiya EYK hosil bo‘lsa, tok necha A/s tezlik bilan o‘zgarmoqda?

4. Induktivligi 2 H bo‘lgan g‘altakdan o‘tayotgan tok 0,2 s ichida 1 A dan 5 A gacha tekis ortib borgan bo‘lsa, g‘altakdagi induksion EYK nimaga teng (V)?

5. Induktivligi 10 mH bo‘lgan g‘altakdan qancha tok o‘tganda 20 mWb magnit oqimi hosil qiladi?

MASALALAR YECHISH

Masala yechish namunalari

1. Solenoiddagi tokning o'zgarish tezligi $\Delta I/\Delta t$ = 50 A/s ga teng bo'lganda uning uchlarida 0,075 V o'zinduksiya EYK hosil bo'lgan bo'lsa, solenoidning induktivligini toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$\frac{\Delta I}{\Delta t}=50\frac{\text{A}}{\text{s}}$ $\varepsilon_{o'z.in.}$ = 0,075 V L = ?	$\varepsilon_{o'z.in.}=-L\cdot\frac{\Delta I}{\Delta t}$ $L=\frac{\varepsilon_{o'z.in.}}{\left\lvert\frac{\Delta I}{\Delta t}\right\rvert}$	$L=\frac{0,075\,\text{V}}{50\,\text{A/s}}=1,5\cdot10^{-3}\,\text{H}$ **Javob:** $L = 1,5\cdot10^{-3}$ H.

42-mashq

1. Uzunligi 20 cm va diametri 3 cm bo'lgan g'altak 400 o'ramga ega bo'lib, undan 2 A tok o'tadi. G'altakning induktivligini va g'altakning ko'ndalang kesimidan o'tayotgan magnit oqimini toping.

2. Diametri 4 cm bo'lgan g'altakning induktivligi 0,001 H bo'lishi uchun 0,6 mm diametrli simdan unga bir qavat zich qilib nechta o'ram o'rash kerak?

3. G'altakdan o'tayotgan tokni 0,1 s davomida noldan 5 A gacha bir tekisda orttirganimizda 50 V o'zinduksiya EYK hosil bo'ladi. G'altakning induktivligini toping.

4. 250 ta o'ramga ega bo'lgan g'altak ichida magnit oqimi 0,4 s da 2 Wb ga o'zgardi. G'altakda hosil bo'lgan induksiya EYKini toping.

5. Solenoiddagi tok kuchi 5 A bo'lganda unda 50 mWb magnit oqimi hosil bo'lsa, solenoidning induktivligi qancha?

6. Induktivligi 0,4 H bo'lgan konturda tok kuchi 2 A bo'lganda undan o'tuvchi magnit oqimi necha veberga teng bo'ladi?

7. 5 ms da solenoiddagi magnit oqimi 3 mWb dan 9 mWb gacha o'zgaradi. Agar solenoidda hosil bo'lgan EYuK 60 V bo'lsa, solenoiddagi o'ramlar soni qanchaga teng?

8. Magnit maydon induksiyasi vektoriga tik bo'lgan yassi konturdan 0,6 Wb magnit oqimi o'tadi. Agar magnit induksiyasi 0,2 T ga teng bo'lsa, konturning yuzasi qancha?

9. Yuzasi 2 m^2 bo'lgan va magnit maydon induksiyasi vektoriga tik joylashgan yassi konturdan 1 Wb ga teng magnit oqimi o'tsa, magnit induksiyasi necha teslaga teng?

10. Induktivligi 2 mH bo'lgan kontur 10 mWb magnit oqim hosil qilayotgan bo'lsa, konturdan o'tayotgan tok kuchi qanchaga teng (A)?

58-MAVZU

TOKNING MAGNIT MAYDON ENERGIYASI. MODDALARNING MAGNIT XOSSALARI

1. Tokli o‘tkazgichning magnit maydon energiyasi.
2. Moddalarning magnit xossalari.
3. Muhitning magnit singdiruvchanligi.

Magnit temir predmetlarni o‘ziga tortishini, rezina, yog‘och, shisha kabi predmetlarni esa tortmasligini kuzatgansiz. Nega shunday bo‘ladi deb o‘ylaysiz?

1. Tokning magnit maydon energiyasi

Zaryadlangan jism elektr maydon energiyasiga ega bo‘lgani kabi tokli o‘tkazgichning atrofida hosil bo‘lgan magnit maydon ham energiyaga ega bo‘ladi. Magnit maydonning energiyasini hisoblashni quyidagi misolda qarab chiqamiz. Induktivligi L bo‘lgan g‘altak tok manbaiga reostat orqali ketma-ket ulangan bo‘lsin (7.34-rasm).

G‘altakdan o‘tayotgan elektr toki energiyasining bir qismi unda magnit maydonni hosil qilishga sarflanadi. Energiyaning saqlanish qonuniga ko‘ra, tok hosil qilgan energiya magnit oqimini hosil qilish uchun sarflangan ishga teng bo‘ladi, ya’ni: $W_{mag} = A$.

7.34-rasm

Reostat jilgichini surib, g‘altakdan o‘tayotgan tokni tekis oshiramiz. G‘altakda hosil bo‘lgan magnit oqimi ($\Phi = L \cdot I$) undan o‘tayotgan tokka to‘g‘ri proporsional, ya’ni tok ortgan sari magnit oqimi ham chiziqli ortib boradi (7.35-rasm). Chizmada keltirilgan uchburchak yuzining geometrik ma’nosi bajarilgan ishni izohlaydi. Bu yuzaning son qiymati:

$$A = (I \cdot \Phi)/2 \qquad (1)$$

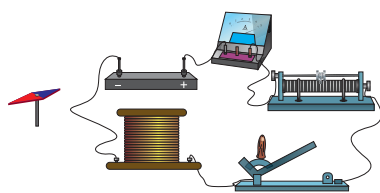
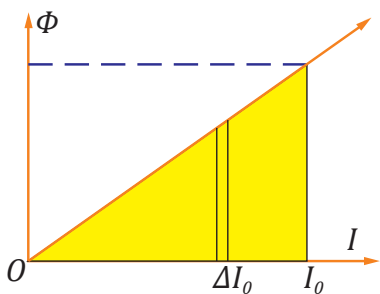
U holda tokli o‘tkazgich atrofida hosil bo‘lgan magnit maydon energiyasini hisoblash formulasi quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$W_{mag} = A = \frac{I \cdot \Phi}{2} = \frac{L \cdot I^2}{2} \qquad (2)$$

Demak, tokli konturning magnit maydon energiyasi uning induktivligi bilan konturdan o‘tayotgan tok kuchi kvadrati ko‘paytmasining yarmiga teng ekan.

7.35-rasm

Tokli solenoid magnit maydoni energiyasining asosiy qismi solenoid ichida mujassamlashgan bo‘ladi. Solenoid ichidagi maydonni bir jinsli magnit maydon deb qarash mumkin. Solenoid ichidagi bir jinsli magnit maydon energiyasining solenoid ichki hajmiga nisbati bilan aniqlanadigan kattalik magnit maydon energiya zichligi deyiladi:

$$\overline{\omega}_{mag} = \frac{W_{mag}}{V} = \frac{W_{mag}}{Sl} \qquad (3)$$

Bunda S – solenoidning kesim yuzasi, l – solenoid uzunligi. XBSda magnit maydon energiya zichligi J/m^3 da oʻlchanadi.

(2) tenglikdan koʻrinib turibdiki, tokning magnit maydon energiyasi ifodasini harakatlanayotgan jismning kinetik energiyasi $E_k=(m\cdot v^2)/2$ ifodasi bilan taqqoslab, induktivlik mexanikadagi massaga, tok kuchi esa tezlikka oʻxshash fizik kattaliklar ekanligini koʻramiz. Yuqorida aytilganidek, mexanikada jism massasi uning tezligini oʻzgartirishda qanday rol oʻynasa, induktivlik ham konturda tok kuchi oʻzgarishida shunday rol oʻynaydi.

Kuchli magnit maydonini hosil qilishda elektromagnitlar qoʻllanadi. Elektromagnitning asosini solenoid gʻaltagi tashkil qiladi. Solenoidning ichiga kiritilgan ferromagnit oʻzagi uning induktivligini keskin oshiradi. Natijada elektromagnit gʻaltak atrofida magnit maydon ham kuchayadi va u ogʻir yuklarni bemalol koʻtaradi. Tokli gʻaltakning atrofidagi magnit maydon hosil boʻlishiga asoslanib harakatlanadigan ogʻir yuklarni koʻtara oladigan elektromagnit kranlar xalq xoʻjaligining turli sohalarida keng qoʻllanmoqda (7.36-rasm).

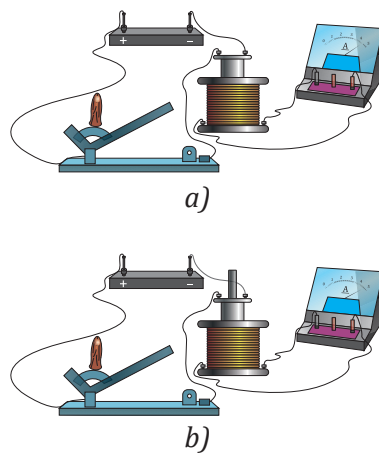
7.36-rasm

2. Moddalarning magnit xossalari

Koʻpgina moddalar (masalan, temir, nikel, kobalt kabi) magnit maydonga kiritilganda yoki ulardan tok oʻtganda magnitlanib qoladi. Ular doimiy magnit kabi oʻz atrofida magnit maydonni hosil qiladi. Magnit maydon taʼsirida magnitlanib qoladigan bunday moddalarga *magnetiklar* deyiladi.

Biz 47-mavzuda tokli gʻaltak ichida hosil boʻlgan magnit maydon gʻaltakdan oʻtayotgan tok kuchiga proporsional ekanligini koʻrib oʻtganmiz. Gʻaltak ichidagi magnit maydonni baholash maqsadida quyidagi tajribani oʻtkazish mumkin. Namoyish qurilmasining umumiy koʻrinishi 7.37 *a*-rasmda keltirilgan. Namoyish qurilmasi oʻzgaruvchan tok manbai, koʻndalang kesim yuzasi har xil boʻlgan ikkita gʻaltak, turli moddadan yasalgan oʻzaklar, ampermetr va kalitdan iborat. Kesim yuzasi kichik boʻlgan birinchi gʻaltakni kalit orqali tok manbaiga ulaymiz va uni ikkinchi gʻaltakning ichiga kiritamiz. Ikkinchi gʻaltakni esa galvanometrga ulaymiz. Kalitni ulasak, elektromagnit induksiya hodisasi tufayli ikkinchi gʻaltakda induksion EYK hosil boʻlganligini galvanometrning koʻrsatishi boʻyicha aniqlaymiz.

a)

b)

7.37-rasm

Gʻaltakdagi kuchlanishni oʻzgartirmasdan, birinchi gʻaltakning ichiga navbatma-navbat turli xil tabiatli metall oʻzaklar kiritilib, tajriba takrorlansa, uning ichidagi magnit maydon induksiyasining turlicha boʻlishi tufayli galvanometr strelkasi ogʻishining turlicha oʻzgarishini koʻramiz (7.37 *b*-rasm) (ushbu tajribani bajarib koʻring). Demak, turli xil moddalar gʻaltak ichida har xil magnit maydonni hosil qilar ekan.

Muhitning magnit singdiruvchanligi

G'altak ichida hosil bo'layotgan magnit maydon induksiyasi unga kiritilgan moddaning tabiatiga bog'liq ekan, ya'ni:

$$B = \mu \cdot B_0 \tag{4}$$

Demak, tokli g'altak biror muhitda hosil qilgan magnit maydon induksiyasi (B) uning vakuumda hosil qilgan magnit maydon induksiyasi (B_0)ga to'g'ri proporsional bo'lib, muhitning turiga ham bo'liq bo'ladi. (4) ifodadan μ ni topsak:

$$\mu = B/B_0 \tag{5}$$

Bu tenglikdagi μ – muhitning magnit singdiruvchanligi deb ataladi. U faqat muhitning tabiatiga bog'liq bo'lib, muhitdagi maydon induksiyasi, vakuumdagi magnit maydon induksiyasidan necha marta farq qilishini bildiradi.

Tabiatda uchraydigan barcha moddalar magnit singdiruvchanligiga qarab uch turga bo'linadi. Bular: diamagnetiklar, paramagnetiklar va ferromagnetiklar.

7.38-rasm

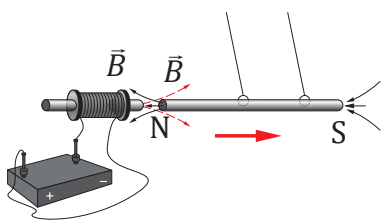
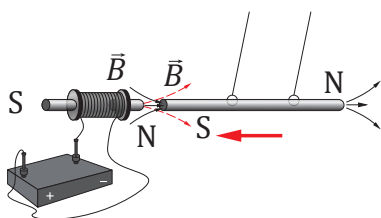
Magnit singdiruvchanligi birdan kichik bo'lgan ($\mu < 1$) moddalarga diamagnetiklar deyiladi. Oltin, kumush, vismut, mis, rux va ba'zi gazlar diamagnetiklardir. Diamagnetiklar magnit maydonini susaytiradi. Bunday moddalarga magnit maydoni yaqinlashtirilganda ular maydondan uzoqlashadi (7.38-rasm).

Magnit singdiruvchanligi birdan biroz katta bo'lgan ($\mu > 1$) moddalar *paramagnetiklar* deyiladi.

Paramagnetiklarga platina, alyuminiy, xrom, marganes, kislorod kabi moddalar kiradi. Magnit maydonga kiritilgan paramagnetiklar maydonni qisman kuchaytiradi.

7.39-rasm

Magnit singdiruvchanligi birdan juda katta bo'lgan ($\mu >> 1$) moddalar *ferromagnetiklar* deyiladi. Temir, nikel, kobalt va ularning ba'zi qotishmalari ferromagnetiklardir. Magnit maydonga kiritilgan ferromagnetiklar uni kuchaytiradi. Bunday moddalardan yasalgan jismlar magnit maydonga kiritilganda maydonga tortiladi (7.39-rasm).

Ferromagnetiklar tabiatda uncha ko'p bo'lmasa-da, ular hozirgi zamon texnikasida keng qo'llanadi. Masalan, transformator, tok generatori, elektrodvigatel va boshqa qurilmalarning o'zaklari ferromagnit materiallardan yasaladi. Keyingi paytlarda doimiy magnitlar tibbiyotda ham keng qo'llanmoqda. Ulardan qon bosimini pasaytiruvchi moslama sifatida qo'lga taqiladigan bilaguzuk tayyorlanmoqda.

1. G'altakdan o'tayotgan tok energiyasi sarfini tushuntiring.

2. Magnit maydon energiyasini izohlang.

3. Magnit maydon energiyasi hisobiga ishlaydigan qanday qurilmalarni bilasiz?

4. Magnetiklarni ta'riflab bering.

5. Magnit singdiruvchanlikning fizik ma'nosini tushuntiring.

6. Tabiatdagi moddalar magnit singdiruvchanligiga ko'ra qanday turlarga bo'linadi?

Masala yechish namunasi

Magnit maydon induksiyasi 0,5 T bo‘lgan o‘zaksiz g‘altakka magnit singdiruvchanligi 60 ga teng bo‘lgan ferromagnit kiritildi. G‘altak ichida magnit maydon induksiyasi qanchaga o‘zgaradi?

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
B_0 = 0,5 T μ = 60	$B = \mu \cdot B_0$ $\Delta B = \mu \cdot B_0 - B_0$	ΔB = (60 · 0,5–0,5) T = (30–0,5) T = 29,5 T **Javob:** ΔB = 29,5 T.
ΔB = ?		

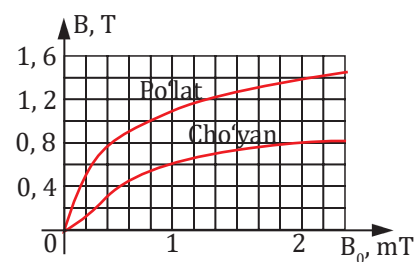
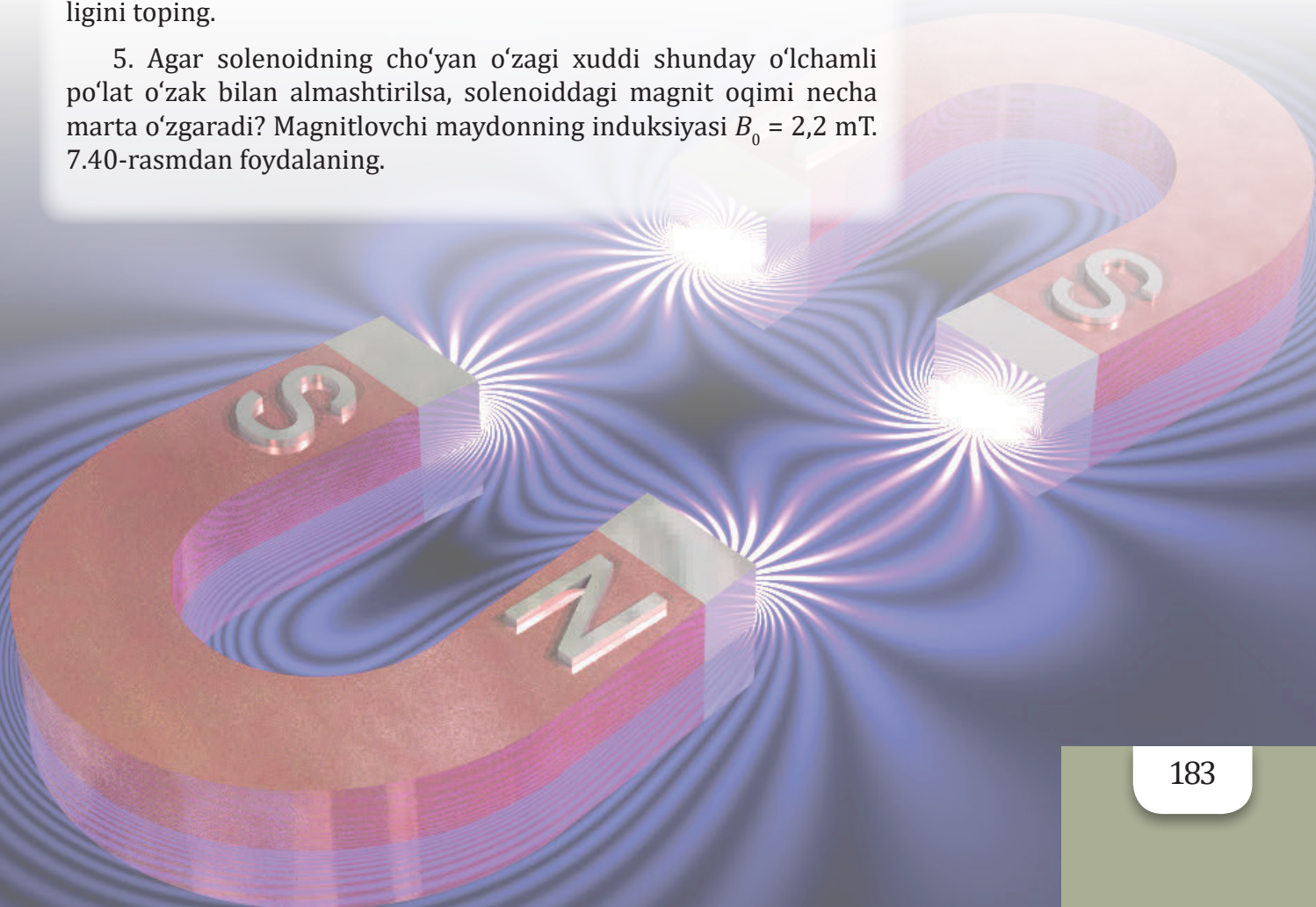
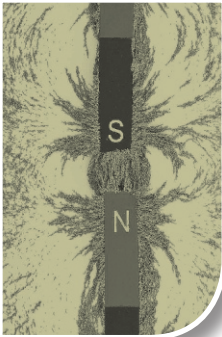
43-mashq

1. G‘altakdan 2 A tok o‘tayotganida hosil bo‘luvchi magnit maydon energiyasi 2 J bo‘lsa, g‘altakning induktivligi necha genri?

2. Maydonning energiyasi 1 J ga teng bo‘lishi uchun induktivligi 0,5 H bo‘lgan drossel chulg‘amidagi tok kuchi qancha bo‘lishi lozim?

3. Uzunligi 50 cm va ko‘ndalang kesim yuzi 2 cm^2 bo‘lgan solenoid $2 \cdot 10^{-7}$ H induktivlikka ega. Solenoid ichiga temir o‘zak kiritilganda magnit maydon energiyasining zichligi 10^{-3} J/m^3 bo‘lishi uchun solenoiddan qancha tok o‘tishi kerak?

4. 7.40-rasmga qarab po‘latni magnitlovchi maydonning (B_0) induksiyasi 0,4 mT va 1,3 mT bo‘lgan hollardagi magnit singdiruvchanligini toping.

5. Agar solenoidning cho‘yan o‘zagi xuddi shunday o‘lchamli po‘lat o‘zak bilan almashtirilsa, solenoiddagi magnit oqimi necha marta o‘zgaradi? Magnitlovchi maydonning induksiyasi B_0 = 2,2 mT. 7.40-rasmdan foydalaning.

7.40-rasm

59-MAVZU MASALALAR YECHISH

Masala yechish namunalari

1. Induktivligi 0,6 H ga teng bo'lgan g'altakdan 5 A tok o'tayotgan bo'lsa, g'altakda hosil bo'lgan magnit maydonning energiyasi topilsin.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$L = 0,6$ H $I = 5$ A	$W_{mag} = \frac{LI^2}{2}$	$W_{mag} = \frac{0,6\,\text{H} \cdot (5\,\text{A})^2}{2} = 7,5\,\text{J}$
$W_{mag} = ?$		**Javob:** $W_{mag} = 7,5$ J.

2. Magnit maydonning energiyasi 4 mJ bo'lishi uchun induktivligi 0,2 H bo'lgan g'altak chulg'amidagi tok kuchi qanday bo'lishi lozim?

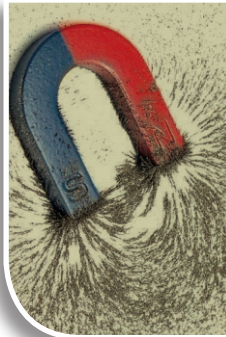
Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$W = 4$ mJ $= 4 \cdot 10^{-3}$ J $L = 0,2$ H	$W_{mag} = \frac{LI^2}{2}$ $I = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{mag}}{L}}$	$I = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}\ \text{J}}{0,2\ \text{H}}} = 0,2\ \text{A}$
$I = ?$		**Javob:** $I = 0,2$ A.

3. Vakuumdagi tokli g'altak ichida magnit maydon induksiyasi $B_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ T ga teng. G'altakka po'lat o'zak kiritilganda induksiyasi $B = 1,2$ T gacha ortgan bo'lsa, po'latning shu sharoitdagi magnit singdiruvchanligini toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$B_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ T $B = 1,2$ T	$B = \mu B_0$ $\mu = B/B_0$	$\mu = \frac{1,2\,\text{T}}{2 \cdot 10^{-4}\ \text{T}} = 6000$
$\mu = ?$		**Javob:** $\mu = 6000$.

4. O'zaksiz g'altakning ichidagi magnit maydonning induksiyasi $B_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ T ga teng. Agar g'altakning ichiga nikel o'zak kiritiladigan bo'lsa, o'zakda magnit maydonning induksiyasi va o'zakning ko'ndalang kesimi S = 10 cm² orqali o'tuvchi magnit induksiya oqimini toping.

Berilgan:	Formula:	Hisoblash:
$B_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ T $\mu = 800$ $S = 10$ cm$^2 = 10^{-3}$ m^2	$B = \mu B_0$ $\Phi = BS$	$B = 800 \cdot 2 \cdot 10^{-4}$ T $= 16 \cdot 10^{-2}$ T $\Phi = 16 \cdot 10^{-2}$ T $\cdot 10^{-3}$ m$^2 = 16 \cdot 10^{-5}$ Wb
$B = ?$ $\Phi = ?$		**Javob:** $B = 16 \cdot 10^{-2}$ T; $\Phi = 16 \cdot 10^{-5}$ Wb.

44-mashq

1. Uzunligi 60 cm va koʻndalang kesim yuzi 4 cm^2 boʻlgan solenoidning induktivligi $4 \cdot 10^{-7}$ H ga teng. Solenoid ichida magnit maydon energiyasining zichligi $2 \cdot 10^{-3}$ J/m^3 boʻlishi uchun solenoiddan oʻtayotgan tok kuchi qanday boʻlishi kerak?

2. Ikkita bir xil poʻlat brusoklar, ulardan biri magnitlangan. Bu brusoklardan boshqa hech narsadan foydalanmay, ularning qaysi biri magnitlanganligini qanday aniqlash mumkin?

3. Solenoidda tok kuchi 10 A boʻlganda 0,5 Wb magnit oqim hosil boʻladi. Shu solenoidning magnit maydon energiyasini toping.

4. Tokli solenoidning oʻzagi nikeldan tayyorlangan boʻlib, uning kesim yuzi 20 cm^2 ga, magnit oqimi esa $1{,}256 \cdot 10^{-2}$ Wb ga teng. Agar solenoid ichidagi bir jinsli magnit maydonning induksiyasi 31,4 mT ga teng boʻlsa, nikelning shu sharoitdagi magnit singdiruvchanligini toping.

5. Metall jism ichidagi maydon induksiyasi 5 T, tashqi magnitlovchi maydon induksiyasi esa 2,5 mT. Metallning magnit singdiruvchanligini toping.

6. Oʻzaksiz gʻaltakdagi magnit maydon induksiyasi 25 mT ga teng. Agar gʻaltak ichiga magnit singdiruvchanligi 60 ga teng boʻlgan ferromagnit oʻzagi kiritilsa, gʻaltakdagi magnit maydon induksiyasi qanday boʻladi?

7. Uzunligi 0,4 m ga, koʻndalang kesim yuzi 2 cm^2 ga va uzunlik birligiga mos kelgan oʻramlar soni 25 1/cm ga teng boʻlgan oʻzaksiz solenoid chulgʻamlaridan 0,8 A tok oʻtayotgan boʻlsa, solenoid ichida hosil boʻlgan magnit maydonning energiyasini toping.

8. Gʻaltakdan 3 A tok oʻtganda uning magnit maydon energiyasi 60 mJ ga teng boʻlsa, gʻaltak induktivligi nimaga teng boʻladi?

9. Uzunligi 40 cm, koʻndalang kesim yuzi 4 cm^2 va oʻramlar soni 800 ga teng boʻlgan gʻaltakning induktivligini toping. Gʻaltak oʻzagi materialining magnit singdiruvchanligi 500 ga teng.

10. Nikelning maʼlum kesimidan oʻtuvchi magnit oqimi magnit singdiruvchanligi 634 boʻlgan poʻlatning xuddi shunday kesimidan oʻtuvchi magnit oqimidan 2 marta kam boʻlishi maʼlum boʻlsa, nikelning magnit singdiruvchanligini toping.

VII BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Akkumulyatorlar batareyasiga ikkita zanjir parallel qilib ulangan. Ularning birida cho'g'lanma lampa, ikkinchisida esa katta elektromagnit bor. Ikkala zanjirdagi tokning kattaligi bir xil. Zanjir uzilganda ularning qaysi biri kuchliroq uchqun chiqaradi? Nima uchun?

2. Silliq shisha sirtida yotgan kub shaklidagi temir bo'lagi shu shisha sirtida yotgan magnitga tortilib, shisha sirti bo'yicha siljimoqda. U qanday harakatda bo'ladi: tekis harakatmi, tezlanuvchan harakatmi yoki tekis tezlanuvchan harakatmi? Javobingizni izohlang.

3. Elektr tokining magnit ta'siri tok qaysi muhitlardan o'tganda kuzatiladi?

4. O'tkazgichdan o'zgarmas tok o'tganda uning atrofida qanday maydonlar hosil bo'ladi?

5. Bir jinsli magnit maydonga joylashtirilgan yuzi 0,05 m^2 bo'lgan tokli ramkadan 2 A tok o'tmoqda. Agar aylantiruvchi maksimal kuch momenti 40 mN·m bo'lsa, maydonning induksiyasi nimaga teng?

6. Magnit maydongi induksiya chiziqlariga nisbatan tik yo'nalishda elektron va proton uchib kirmoqda. Protonning massasi elektronning massasidan 1800 marta katta. Zarralarning qaysi biriga ta'sir ko'rsatuvchi Lorens kuchi katta bo'ladi? Javobingizni izohlang.

7. Konturni kesib o'tuvchi magnit oqimi 0,4 s ichida 5 Wb dan 13 Wb gacha tekis o'zgardi. Konturda hosil bo'lgan induksiya EYKni toping.

8. Magnit oqimining o'zgarish tezligi 0,15 Wb/s bo'lganda g'altakda 120 V EYK hosil bo'lsa, g'altakdagi o'ramlar soni nechta bo'lgan?

9. Tok kuchi 0,6 A bo'lganda induktivligi 80 mH bo'lgan g'altakda qanday magnit oqimi yuzaga keladi?

10. Induktivligi 2 H bo'lgan g'altakda o'zinduksiya EYKning qiymati 3,6 V bo'lishi uchun g'altakdan o'tayotgan tokning o'zgarish tezligi qanday bo'lishi kerak?

11. Tokli g'altakdagi magnit maydon induksiyasi 20 mT ga teng. G'altak ichiga ferromagnit o'zagi kiritilganda unda hosil bo'lgan magnit maydon induksiyasi 180 mT gacha ortgan bo'lsa, g'altakka tushirilgan o'zakning magnit singdiruvchanligi nimaga teng?

12. Radiusi 2 cm bo'lgan g'altakdan 3 A tok oqmoqda. G'altak ichiga magnit singdiruvchanligi 20 ga teng bo'lgan ferromagnit o'zagi kiritilsa, g'altak ichidagi magnit maydon induksiyasi qanday bo'ladi? G'altakning uzunligi 20 cm, o'ramlari soni 150 ga teng.

13. Solenoiddan 2,5 A tok o'tganda unda 0,8 mWb magnit oqimi hosil bo'lsa, magnit maydon energiyasini aniqlang.

14. Induktivligi 5 mH bo'lgan g'altakdan 0,4 A tok o'tmoqda. Magnit maydonining energiyasini toping.

MASHQLAR JAVOBLARI

1-mashq. **1.** 100 N, birinchi guruh tomonga yo'nalgan, chunki katta kuch yo'nalishida bo'ladi; **2.** 90° burchak ostida; **3.** 0,4 m/s^2; 0,3 m/s^2; **4.** F_4 tomonga.

2-mashq. **1.** 4 marta ortadi; **2.** 4 marta ortadi; **3.** 3 metrga teng; **4.** 1135,8 N; **5.** 6 kN; 4 marta ortadi.

3-mashq. **1.** 8 N F_2 yo'nalishida; **2.** 1 kg; **3.** a) 250 N; b) 1000 N; **4.** 0,25 m/s^2; 0,2 m/s^2; **5.** 26,2 km/s; **6.** 16 km/s; **7.** 8 marta kamayadi; **8.** 9 km/s; **9.** 4 km/s;

4-mashq. **1.** 1,3 t; **2.** 4,2 kN; **3.** 720 N; **4.** 663 N; **5.** 4,5 kN.

5-mashq. **1.** 2 m/s^2, 2,4 N; **2.** 0,981 m; **4.** 1,105.

6-mashq. **1.** 306,25 kg; **2.** ≈15,8 m/s; **3.** 600N, 300N; **4.** 2,4525 m/s^2; **5.** g/3; **6.** 3,27 m/s ^{2}; **7.** 3 m/s; **8.** 46400 N; **9.** 950 N;

7-mashq. **1.** 220N; 20 N; **2.** 1287 N; **3.** m = 3,9 kg ;

8-mashq. **1.** 16 J; **2.** 83,3%; **3.** 62,5%; **4.** N = 50 W;

9-mashq. **1.** 2,37 m; **2.** 7,6 m; 1,5 s; **3.** 495 m; 7,9 m/s^2; **4.** 26 kW; **5.** ≈ 67%; **6.** μ = tgα; **7.** 88,2%; **8.** 442,8·10^5 J; **9.** 12152 J; 65,8%;

10-mashq. **1.** 360 N; **2.** 600 N; **3.** Har qanday oddiy mexanizmdan ishdan yutuq olib bo'lmaydi; **4.** 500 N; **5.** 10 cm, 30 cm.

11-mashq. **1.** 1, 5, 3 ko'rsatkichlar jismning massa markazidan o'tishi mumkin; **2.** 2 N; **3.** 2 kg; **4.** 0,75 m; **5.** d_1; **6.** l_1 = 60 cm; l_2=20 cm katta yukdan 20 cm narida bo'ladi; **7.** 1200 N.

12-mashq. **1.** 0,2 m; 8 s; 0,2 m; **2.** 40 cm ; **3.** 0,06 m; 50 Hz; 0,02 s; **4.** 0,2 m; π; $\pi/2$;

13-mashq. **1.** 4 marta kamayadi; **2.** 0,25 Hz; **3.** 0,314 s; **4.** 1,2 π;

14-mashq. **1.** 3 s; **2.** 2 m; **3.** 0,5 m/s; **4.** 0,5 m;

15-mashq. **1.** 1,2 km; **2.** O'zgarmaydi; **3.** 1,6 s.

16-mashq. **1.** 4 kg; **2.** $l_2= 9l_1$; **3.** 1 m; **4.** 0,06 m; 0,67s; 1,5 Hz; **5.** 20 Hz; **6.** 5100 m; **7.** 0,4 s; **8.** 450 m; **9.** Hakam sekundomerni to'pponchaning og'zidan chiqqan uchqunni ko'rganda ishga tushirish kerak, chunki ovoz kelishini kutib tursa, vaqt o'tib ketadi. Ovoz tarqalish tezligi yorug'lik tarqalish tezligidan ko'p marta kichik; **10.** 1500 m/s.

17-mashq. **1.** 250 kPa; **2.** 2,8 marta kamayadi; **3.** $p_1>p_2>p_3$; **4.** 1,13 m/s.

18-mashq. **1.** 5 m/s; **2.** 0,5 m/s; **3.** 1,21 marta ortadi; **4.** 0,45 m/s; **5.** 4,5 m/s; **6.** 40 kN; **8.** 1382,4 kg; **9.** 10 m/s.

19-mashq. **1.** K (–); L (–). **2.** 187,5 nN. **3.** $\frac{\sqrt{3}kq}{4d^2}$ **4.** 4-yo'nalishda pastga. **5.** 0.

20-mashq. **1.** 180 V/m. **2.** 4,2 marta kamayadi. **3.** $E_1≠0$, $E_2=0$. **4.** $E = \frac{\sigma}{9\varepsilon_0}$. **5.** $E_{o'rta} = \frac{4\sqrt{3}kq}{5a^2}$

21-mashq. **1.** Ikkalasi ham manfiy. **2.** 1,6 cm; **3.** 9·10^{-7} C. **4.** 91 V/m. **5.** O'ngga.

22-mashq. **1.** 50,4 kV/m. **2.** 0. **3.** 50 V/m. **4.** 3750 V/m. **5.** α = 60^0.

23-mashq. **1.** 43,2·10^{-19} J. **2.** $\upsilon_2 = \sqrt{4,12 \cdot 10^{-2}}$ m/s. **3.** 2·10^9 ta. **4.** 12·10^{-7} J. **5.** 1,8 mm.

24-mashq. **1.** 10^{-16} J. **2.** 2,125·10^{-7} C/m^2. **3.** 36 cm. **4.** 400 V.

25-mashq. **1.** 22,5 kV. **2.** 2,1 cm. **3.** 2,275 kV. **4.** 5,9 nF. **5.** 711,1 μF.

26-mashq. **1.** 10^{14} ta. **2.** 3 kV/m. **3.** 0,1 A. **4.** 3·10^{20} ta. **5.** 6000 C.

27-mashq. **1.** 1,8 Ω. **2.** 14 V. **3.** 1 Ω. **4.** 4 V. **5.** 5 A

28-mashq. **1.** 30 A. **2.** $64\cdot10^{14}$ A/m^2. **3.** 1,197 V. **4.** 1 A; 0,8 A; 0,2 A; 1 A; 1,2 V; 0,8V; 0,8 V; 1 V. **5.** 0,15 A. **6.** 4 A; **7.** 10 V; **8.** 10 A; **9.** 12 V. **10.** 8 V; **11.** 1,28 A/m^2; **12.** $1,25\cdot10^{-4}$ m/s.

29-mashq. **1.** 0,2 ^{0}C. **2.** 1,3 marta. **3.** 20,2 Ω. **4.** 181,8 ^{0}C; **5.** 250 ^{0}C.

30-mashq. **1.** 1400 ^{0}C. **2.** 24 ^{0}C; **3.** 25,4 mA **4.** 12·9 % ga ortadi. **5.** 71,8 ^{0}C; **6.** 2517 ^{0}C; **7.** $4,4\cdot10$ ^{0}C^{-1}; **8.** 500 ^{0}C.

31-mashq. **1.** 4 marta ortadi. **2.** 33 mg. **3.** 29412 C. **4.** 0,1 mm. **5.** 18 g.

32-mashq. **1.** 9,26 mA. **2.** 4,032 kg. **3.** 182 cm^2. **4.** 5,47 g. **5.** $3,3\cdot10^{-7}$ kg/C. **6.** 4,125 mg.

33-mashq. **1.** 15,6 V. **2.** 20 kA; 40 TW; 200 GJ. **3.** 1,2 ms. **4.** 6,4 mA.

34-mashq. 1. $28\cdot10^{-6}$ T. **2.** 14 A. **3.** 5 mT. **4.** $2,5\cdot10^{-5}$ T.

35-mashq. **1.** 0,8 T. **2.** $4\cdot10^{-2}$ T. **3.** 17°. **4.** 15 A.

36-mashq. **1.** 1 N. **2.** $0,125\cdot10^{-4}$ N. **3.** 20 A.

37-mashq. **1.** $6,25\cdot10^{-4}$ Wb. **2.** 0,2 T. **3.** 5 W. **4.** 2 J; 0,2 W. **5.** 4,8 mJ.

38-mashq. **1.** 10,6 cm. **2.** 32,3 cm. **3.** $3,2\cdot10^{-19}$ C. **4.** $7\cdot10^{14}$ m/s^2. **5.** 0,32 pN.

39-mashq. **1.** $12,56\cdot10^{-6}$ T. **2.** 0.3, 12 mJ. **4.** 60°. **5.** 0,01 T. **6.** 6,4 pN. **7.** $1.6\cdot10^{6}$ m/s. **8.** 52,2 cm. **9.** 1,78 T.

40-mashq. **1.** 50 V. **2.** 0,5 s; 0,5 A. **3.** 200 V. **4.** 0,06 Wb/s. **5.** 1 mV.

41-mashq. **1.** 1,6 T. **2.** 1 H. **3.** 50 A/s. **4.** 40 V. **5.** 2 A.

42-mashq. **1.** 0.71 mH; 1.42 mWb. **2.** 380 ta. **3.** 1 H. **4.** 1250 V; **5.** 10 mH. **6.** 0,8 Wb. **7.** 50 ta. **8.** 3 m^2. **9.** 0,5 T. **10.** 5 A.

43-mashq. **1.** 1 H. **2.** 2 A. **3.** 1 A. **4.** 2; 0,92. **5.** 1,75 marta ortadi.

44-mashq. **1.** 1,55 A. **3.** 2,5 J. **4.** 5. **5.** 2000. **6.** 1,5 T. **7.** 0,2 mJ. **8.** 13,3 mH. **9.** 0,4 H. **10.** 317.

I BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR JAVOBLARI

1. 2 N teng ta'sir etuvchi bo‘la olmaydi; **2.** Yer sirtidan *R* masofada; **3.** 10 cm; 90 cm; **4.** $16{,}5 \cdot 10^2$ m/s; **5.** 1 s; **6.** mgsinα; **7.** tgα; **8.** 10 marta; **9.** 360 N; 440N; **10.** 5 kN.

II BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR JAVOBLARI

1. 16 cm; 0; **2.** 0,5 Hz; 2 s; **3.** $T_2=2T_1$; **4.** 2,5 T_1; **5.** x=0,1sin 4πt; **6.** 6,28 s; 0,05 m; **7.** x=0,001sin 20πt; **8.** 80 cm **9.** 10 cm; **10.** 18 m; **11.** 2,4 m/s;

III BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR JAVOBLARI

1. 5; **2.** 8 m/s; **3.** $1 \cdot 10^{-3}$ m²; **4.** 720 kg; **6.** S_2/S_1=1/5,6 kam bo‘ladi; **7.** $\rho \upsilon^2/2$ – suyuqlik oqimining gidrodinamik bosimi; **8.** 1,4 cm; **9.** 3 *l* .

IV BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR JAVOBLARI

1. $C_2 = 81\ C_1$. **2.** 30 cm. **3.** 3600 V/m. **4.** 50 nC. **5.** 150 V. **6.** – 30 kV. **7.** 243 nJ. **8.** 1500 V/m. **9.** 120 V. **10.** 6 mJ. **11.** 1 kV. **12.** 159,3 μJ/m³. **13.** $4{,}8 \cdot 10^{15}$ m/s².
14. Markazdan 3 cm dagi 0 ga teng; sirtdan 4 cm da esa 21,6 kV/m.

V BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR JAVOBLARI

1. 4 mN; **2.** 26,7 kV/m; **3.** 13,5 kV; **4.** 50 μC; **5.** 1,9 Ω; **6.** r = 4 Ω, R = 6 Ω; **7.** 3 Ω, 40 V; **8.** 50 mΩ, 1,43 V; **9.** r_2/r_1=1,5; **10.** 21 A, 1,8 V; **11.** 6 mJ; **12.** 4 μF; **13.** 1 kV; **14.** 159,3 μJ/m³.

VI BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR JAVOBLARI

1. 3 Ω. **2.** 5,26 mg. **3.** 1224 g. **4.** 12 g. **5.** 1 A. **6.** 20 C. **7.** $3{,}92 \cdot 10^{-18}$ J. **8.** $2{,}26 \cdot 10^6$ m/s. **9.** 13,88 V. **10.** 3 marta ortgan.

VII BOBGA OID MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR JAVOBLARI

5. 0,4 T. **6.** Lorens kuchi massaga bog‘liq emas. **7.** 20 V. **8.** 800. **9.** 48 mWb. **10.** 1,8 A/s. **11.** 9. **12.** 56,5 mT. **13.** 1 mJ. **14.** 0,4 mJ.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Turdiyev N. Sh., Fizika, 10-sinf darsligi. – Toshkent: Niso Poligraf, 2017. – 176 b.

2. O‘lmasova M. H., Fizika, 1-kitob. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent: O‘qituvchi, 2004. – 432 b.

3. O‘lmasova M. H., Fizika, 2-kitob. Elektrodinamika asoslari, tebranishlar va to‘lqinlar. Toshkent: O‘qituvchi, 2010. – 360 b.

4. Shodiyev D. Sh., Shaxmayev N. M., Fizika, 7-sinf uchun o‘quv qo‘llanma. Toshkent: Abu Ali ibn Sino nomidagi tibbiyot nashriyoti, 2004. – 160 b.

5. Оплачко Т. М., Турсунметов К.А., Физика, часть I. Механика, молекулярная физика, термодинамика. – Т.: Чулпан, 2012. – 208 с.

6. Оплачко Т. М., Турсунметов К.А., Физика, часть II. Электродинамика, оптика, атомная физика. – Т.: Ilm ziyo, 2009. –3 28 с.

7. Ismoilov. M., Yunusov. M. S., Elementar fizika kursi. – Toshkent: O‘qituvchi, 1990. – 488 b.

8. Ahmadjonov. O. I., Bekjonov. R. B., Kamolxo‘jayev. Sh. M., Rizayev. H. A., Fizika. – Toshkent: O‘qituvchi, 1992. – 368 b.

9. Tursunmetov K. A., Uzoqov A. A., Bo‘riboyev I., Xudoyberganov A. M. Fizikadan masalalar to‘plami. Toshkent: O‘qituvchi, 2003.– 272 b.

10. Rimkevich A. P. Fizikadan masalalar to‘plami. –Toshkent: O‘qituvchi, 1990.

O‘quv nashri

FIZIKA

Umumiy o‘rta ta’lim maktablarining
10-sinfi uchun darslik

Muharrir Orifjon Madvaliyev
Badiiy muharrir Sarvar Farmonov
Texnik muharrir Akmal Sulaymonov
Rassom Zaynalobiddin Abdulvohidov
Dizayner Akbarali Mamasoliyev
Musahhih Xurshidbek Ibrohimov
Sahifalovchi Rustam Isoqulov

Bosishga 09.08.2022-yilda ruxsat etildi. Bichimi 60x84 $^1/_8$.
“Cambria” garniturasi. Kegli 12. Ofset bosma.
Ofset bosma. Shartli bosma tabog‘i 22,32.
Nashriyot-hisob tabog‘i 12,47.
Adadi 591 244 nusxa. Buyurtma № 01-2022.

“ILM-NASHR” MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent shahri, Shayxontohur tumani, Navoiy ko‘chasi, 18 a-uy.
Telefon: +998 98 100-31-77

Ijaraga beriladigan darslik holatini ko‘rsatuvchi jadval

№	O‘quvchining ismi va familiyasi	O‘quv yili	Darslikning olingandagi holati	Sinf rahbari-ning imzosi	Darslikning topshiril-gandagi holati	Sinf rahbari-ning imzosi
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Darslik ijaraga berilib, o‘quv yili yakunida qaytarib olinganda yuqoridagi jadval sinf rahbarlari tomonidan quyidagi baholash mezonlariga asosan to‘ldiriladi:

Yangi	Darslikning birinchi marta foydalanishga berilgandagi holati.
Yaxshi	Muqova butun, darslikning asosiy qismidan ajralmagan. Barcha varaqlari bor, yirtilmagan, ko‘chmagan, betlarida yozuv va chiziqlar yo‘q.
Qoniqarli	Muqova ezilgan, birmuncha chizilib, chetlari yedirilgan, darslikning asosiy qismidan ajralish holati bor, lekin qoniqarli ta’mirlangan. Ko‘chgan varaqlari qayta joylangan, ayrim betlariga chizilgan.
Qoniqarsiz	Muqova yirtilgan, ustiga chizilgan, asosiy qismidan ajralgan yoki butunlay yo‘q, qoniqarsiz ta’mirlangan. Betlari yirtilgan, varaqlari yetishmaydi, chizib, bo‘yab tashlangan. Darslikni tiklab bo‘lmaydi.